

ISSN 2328-1391

International Journal of Advanced Studies

Transport and Information Technologies
VOLUME 11, NUMBER 1, 2021



ISSN 2328-1391 (print)
ISSN 2227-930X (online)

International Journal of Advanced Studies

**Том 11, № 1
2021**

**Vol. 11, No. 1
2021**

**Transport and Information Technologies
IJAS:T&IT**

Главный редактор

А.В. Остроух

д.т.н., профессор кафедры «Автоматизированные системы управления» (Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ), Российская Федерация)

Editor-in-Chief

Andrey V. Ostroukh

Dr. Sci. (Tech.), Professor of the Department 'Automated Control Systems' (Moscow Automobile And Road Construction State Technical University, Moscow, Russian Federation)

Шеф-редактор - Максимов Я.А.

Выпускающие редакторы - Доценко Д.В., Максимова Н.А.

Корректор - Зливко С.Д.

Компьютерная верстка, дизайн - Орлов Р.В.

Технический редактор, администратор сайта - Бяков Ю.В.

Ответственный секретарь - Коробцева К.А.

Красноярск 2021

International Journal of Advanced Studies

Transport and Information Technologies

IJAS:T&IT

Специализированный научно-технический рецензируемый журнал
Peer-reviewed specialized science and technology journal

Периодичность. 4 номера в год / Periodicity. 4 issues per year

Том 11, № 1, 2021 / Vol. 11, No 1, 2021

Учредитель и издатель: ООО Научно-инновационный центр Журнал основан в 2011 году Зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций Свидетельство о регистрации ЭЛ № ФС 77 - 63681 от 10.11.2015 Журнал входит в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, выпускаемых в РФ, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук Индексирование и реферирование: РИНЦ Ulrich's Periodicals Directory Google Scholar DOAJ BASE WorldCat OpenAIRE ЭБС IPRbooks ЭБС Znanium ЭБС Лань Адрес редакции, издателя и для корреспонденции: 660127, г. Красноярск, ул. 9 Мая, 5 к. 192 E-mail: ijas@ijournal-as.com http://ijournal-as.com/ Подписной индекс в каталоге «СИБ-Пресса» – 63681	Founder and publisher: Science and Innovation Center Publishing House Founded 2011 The edition is registered by the Federal Service of Intercommunication and Mass Media Control Mass media registration certificate EL № FS 77 - 63681, issued November 10, 2015. International Journal of Advanced Studies: Transport and Information Technologies is included in the List of leading peer-reviewed scientific journals and publications issued in the Russian Federation, which should publish main scientific results of doctor's and candidate's theses Indexing and Abstracting: RSCI Ulrich's Periodicals Directory Google Scholar DOAJ BASE WorldCat OpenAIRE IPRbooks Znanium Lan⁷ Editorial Board Office: 9 Maya St., 5/192, Krasnoyarsk, 660127, Russian Federation E-mail: ijas@ijournal-as.com http://ijournal-as.com/ Subscription index in the General catalog «SIB-Press» – 63681
---	--

Свободная цена

© Научно-инновационный центр, 2021

Editorial Board Members

Sunil Kumar Yadav, M.Sc. (Mathematics), Ph.D. (Differential Geometry), Assistant Professor (Alwar Institute of Engineering & Technology, India).

Yong Lee, Ph. D., Professor, School of Computer Science and Technology (Harbin Institute of Technology (HIT), China).

Tatiana V. Avdeenko, Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Automated Control Systems, Leading Researcher (Novosibirsk State Technical University, Novosibirsk, Russian Federation).

Vitaly N. Vasilenko, Doctor of Technical Sciences, Professor, Dean of the Faculty of Technology (Voronezh State University of Engineering Technologies, Voronezh, Russian Federation).

Alexey V. Voropay, Candidate of Technical Sciences (PhD), Associate Professor, Department «Machine Parts and Theory of Machines and Mechanisms» (Kharkov National Automobile and Highway University, Kharkov, Ukraine).

Vladimir A. Dresvyannikov, Doctor of Economics, Assistant Professor, Professor of the Department of Management and Marketing (Penza Branch of the Financial University under the Government of the Russian Federation, Penza, Russian Federation).

Elena V. Erokhina, Doctor of Economics, Professor of Economics and Organization of Production (Kaluga Branch of Bauman Moscow State Technical University, Kaluga, Russian Federation).

Sultan V. Zhankaziev, Doctor of Technical Sciences, Professor, Vice-Rector for Research (Moscow Automobile And Road Construction State Technical University, Moscow, Russian Federation).

Nikolay S. Zakharov, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Automotive and Technological Machines Service (Tyumen Industrial University, Tyumen, Russian Federation).

Sergey V. Kosyakov, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Software for Computer Systems (Ivanovo State Energy University named after V.I. Lenin, Ivanovo, Russian Federation).

Andrey V. Kochetkov, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Expertise and Risk Assessment (Russian Road Research Institute, Moscow, Russian Federation).

Mikhail N. Krasnyanskiy, Doctor of Technical Sciences, Rector (Tambov State Technical University, Tambov, Russian Federation).

Aleksey L. Manakov, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department "Technology of Transport Engineering and Machine Operation", Rector (Siberian Transport University, Novosibirsk, Russian Federation).

Boris Yu. Serbinovskiy, Doctor of Economics, Professor of the Department of Systems Analysis and Management of the Faculty of High Technologies (Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russian Federation).

Boris S. Sergeev, Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department "Electric Machines" (Ural State Transport University, Yekaterinburg, Russian Federation).

Habibulla Turanov, Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department "Stations, Knots and Cargo Work" (Ural State Transport University, Yekaterinburg, Russian Federation).

Ilya A. Khodashinsky, Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Complex Information Security of Electronic Computing Systems (Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics, Tomsk, Russian Federation).

Vyacheslav P. Shuvalov, Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Discrete Communications and Metrology (Siberian State University of Telecommunications and Informatics, Novosibirsk, Russian Federation).

Nikolai N. Yakunin, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Motor Transport (Orenburg State University, Orenburg, Russian Federation).

Члены редакционной коллегии

Sunil Kumar Yadav, M.Sc. (Mathematics), Ph.D. (Differential Geometry), Assistant Professor (Alwar Institute of Engineering & Technology, India).

Yong Lee, Ph. D., Professor, School of Computer Science and Technology (Harbin Institute of Technology (HIT), China).

Авдеевко Татьяна Владимировна, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры АСУ, вед. науч. сотрудник НОЦ ИИТБ (Новосибирский государственный технический университет, Новосибирск, Российская Федерация).

Василенко Виталий Николаевич, доктор технических наук, профессор, декан Технологического факультета (Воронежский государственный университет инженерных технологий, Воронеж, Российская Федерация).

Воропай Алексей Валерьевич, кандидат технических наук (PhD), доцент, доцент кафедры Деталей машин и ТММ (Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет, Украина).

Дресвянников Владимир Александрович, доктор экономических наук, кандидат технических наук, доцент, профессор кафедры «Менеджмент и маркетинг» (Пензенский филиал Финансового университета при Правительстве РФ, Пенза, Российская Федерация).

Ерохина Елена Вячеславовна, доктор экономических наук, профессор кафедры экономики и организации производства (Калужский филиал МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, Российская Федерация).

Жанказиев Султан Владимирович, доктор технических наук, профессор, проректор по научной работе (Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ), Москва, Российская Федерация).

Захаров Николай Степанович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой сервиса автомобилей и технологических машин (Тюменский индустриальный университет, Тюмень, Российская Федерация).

Косяков Сергей Витальевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой программного обеспечения компьютерных систем (ФГБОУ ВО "Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина", Иваново, Российская Федерация).

Кочетков Андрей Викторович, доктор технических наук, профессор, начальник отдела экспертизы и оценки риска (ФАУ «РОСДОРНИИ», г. Москва, Российская Федерация).

Краснянский Михаил Николаевич, доктор технических наук, ректор (Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Российская Федерация).

Манаков Алексей Леонидович, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Технология транспортного машиностроения и эксплуатация машин», ректор (федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский государственный университет путей сообщения», г. Новосибирск, Российская Федерация).

Сербиновский Борис Юрьевич, доктор экономических наук, кандидат технических наук, профессор кафедры системного анализа и управления факультета высоких технологий (Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, Российская Федерация).

Сергеев Борис Сергеевич, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры "Электрические машины" (ФГБОУ ВО Уральский государственный университет путей сообщения, Екатеринбург, Российская Федерация).

Туранов Хабибулла Туранович, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры "Станции, узлы и грузовая работа" (ФГБОУ ВО Уральский государственный университет путей сообщения, Екатеринбург, Российская Федерация).

Ходашинский Илья Александрович, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры комплексной информационной безопасности электронно-вычислительных систем (Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Томск, Российская Федерация).

Шувалов Вячеслав Петрович, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры Передачи дискретных сообщений и метрологии (Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, Новосибирск, Российская Федерация).

Якунин Николай Николаевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой автомобильного транспорта (Оренбургский государственный университет, Оренбург, Российская Федерация).

DOI: 10.12731/2227-930X-2021-11-1-7-16

УДК 338.47

КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТЬ ТРАНСПОРТНЫХ КОРИДОРОВ РОССИИ В СИСТЕМЕ МЕЖДУНАРОДНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ КОРИДОРОВ

***Рочева О.А., Зарипова Р.С.,
Морозова И.Г., Хамидуллина Ф.Р.***

Общая экономическая ситуация в государстве также важна для развития СМП. Прежде всего, необходимо отметить негативное влияние снижения объемов производства. Значительная часть производственных мощностей была закрыта. Общий объем грузопотока по Северному морскому пути сократился в четыре раза.

Арктические порты – слабое звено Северного морского пути, не отвечающее современным требованиям. Эти объекты были переданы в доверительное управление рядом владельцев, которые в настоящее время не в состоянии обеспечить нормальную работу этих объектов.

Цель работы: изучить общую экономическую ситуацию в государстве также важна для развития СМП. Изучить объем грузопотока по Северному морскому пути.

Методология проведения работы: системный подход и обобщение; собственный научно-педагогический опыт авторов; аналитические и статистические методы анализа.

Результаты: Северный морской путь характеризуется повышенным значением для современной России. Интерес всего мира к Северному морскому пути связан с тем, что он выступает важнейшим транспортным маршрутом, обеспечивающим освоение ресурсов Арктического региона, в том числе топливно-энергетических, осуществляющим высокодоходные транзитные перевозки и др.

Область применения результатов: полученные результаты целесообразно применять на государственном уровне должно быть осознание того, что одной из ключевых задач нашей страны на современном этапе является развитие судоходства в Северном Ледовитом океане.

Ключевые слова: транспортный коридор; Арктика; грузоперевозки

COMPETITIVENESS OF RUSSIAN TRANSPORT CORRIDORS IN THE SYSTEM OF INTERNATIONAL TRANSPORT CORRIDORS

*Rocheva O.A., Zaripova R.S.,
Morozova I.G., Khamidullina F.R.*

The overall economic situation in the state is also important for the development of the NSR. First of all, it is necessary to note the negative impact of the decline in production volumes. A significant part of the production facilities were closed. The total volume of cargo traffic along the Northern Sea Route has decreased by four times.

Arctic ports are a weak link of the Northern Sea Route that does not meet modern requirements. These properties have been placed in trust by a number of owners who are currently unable to ensure the normal operation of these properties.

The purpose of the work: *to study the general economic situation in the state is also important for the development of the NSR. To study the volume of cargo traffic along the Northern Sea Route.*

The methodology of the work: *a systematic approach and generalization; the authors' own scientific and pedagogical experience; analytical and statistical methods of analysis.*

Results: *The Northern Sea Route is characterized by an increased importance for modern Russia. The interest of the whole world in the Northern Sea Route is connected with the fact that it is the most important transport route that ensures the development of the resources*

of the Arctic region, including fuel and energy, carrying out high-yield transit transportation, etc.

Scope of application of the results: *it is advisable to apply the results obtained at the state level, there should be an awareness that one of the key tasks of our country at the present stage is the development of navigation in the Arctic Ocean.*

Keywords: *transport corridor; Arctic; cargo transportation*

Введение

Основная проблема СМП – инфраструктурная неразвитость российской Арктики, в том числе и самого транспортного коридора. Российская государственная программа «Социально-экономическое развитие Арктической зоны РФ» предполагает:

1. строительство и реконструкцию морских портов в Архангельске, Диксоне и Сабетте,
2. строительство двух железнодорожных веток от побережья Северного Ледовитого океана вглубь страны для взаимовязки морской и железнодорожной инфраструктур,
3. разработку месторождений природных ресурсов на российском арктическом шельфе,
4. проведение мониторинга состояния окружающей среды,
5. развитие арктических технологий.

Цель работы: изучить общую экономическую ситуацию в государстве также важна для развития СМП. Изучить объем грузопотока по Северному морскому пути.

Методология проведения работы: системный подход и обобщение; собственный научно-педагогический опыт авторов; аналитические и статистические методы анализа.

Результаты

Главная проблема-неразвитость инфраструктуры российской Арктики, в том числе и самого транспортного коридора. Государственная программа РФ «Социально-экономическое развитие Арктической зоны Российской Федерации» предусматривает строи-

тельство и реконструкцию морских портов Архангельск, Диксон и Сабетта, строительство двух железнодорожных линий от побережья Северного Ледовитого океана до внутренних районов страны для соединения морской и железнодорожной инфраструктуры, освоение природных ресурсов на российском арктическом шельфе, экологический мониторинг, развитие арктических технологий.

В 2018-2025 годах на реализацию программы планируется выделить около 3 миллиардов долларов. Однако на сегодняшний день запланированные строительные работы ведутся только в порту Сабетта, и по большинству заявленных проектов Россия рассчитывает привлечь средства из внебюджетных источников, в том числе рассчитывая на китайские инвестиции.

Общая экономическая ситуация в государстве также важна для развития СМП. Прежде всего, необходимо отметить негативное влияние снижения объемов производства. Значительная часть производственных предприятий была закрыта. Общий объем грузопотока по Северному морскому пути сократился в четыре раза.

Арктические порты – слабое звено Северного морского пути, не отвечающее современным требованиям. Эти объекты были переданы в доверительное управление ряду собственников, которые в настоящее время не в состоянии обеспечить нормальное функционирование этих объектов.

Нехватка средств, отсутствие целевого финансирования со стороны государства приводит к тому, что порты приходят в такое состояние, которое мешает их нормальному функционированию. Модернизация портовых механизмов и технического оснащения практически отсутствует. После распада СССР процессы разработки и внедрения новых технико-технологических элементов портового хозяйства практически прекратились.

В перспективе Китаю также необходимо создать собственный ледокольный флот, способный осуществлять навигацию не только по Северному морскому пути, но и по Трансполярному проходу. Однако при этом необходимо обеспечить максимальную загрузку маршрута, осуществляемую судами в период навигации, так как

судоходный сезон на Северном морском пути длится всего четыре месяца, а остальное время ледокольный флот будет простаивать.

Среди технических рисков для иностранных судов на Северном морском пути основным является непредсказуемость ледовой обстановки, которая представляет угрозу для отдельных типов судов. По этой причине круизные суда могут быть вынуждены менять маршруты, что негативно скажется на спросе и популярности таких круизов среди потребителей.

В связи с этой ситуацией очевидна необходимость антимонопольных мер на национальном уровне.

Иностранные транспортные структуры также в настоящее время проявляют интерес к транзиту и транспортировке топлива на Севере. Однако это направление не получает должного развития из-за несовершенства нормативной базы, регулирующей данный процесс, и недостаточной государственной поддержки эксплуатации автомобильной дороги.

Кроме того, важным препятствием для расширения сотрудничества с зарубежными транспортными структурами является несоответствие отечественных норм нормам международного морского права и низкий уровень безопасности судоходства, характерный для нашей страны.

На государственном уровне должно быть осознание того, что одной из ключевых задач нашей страны на современном этапе является развитие судоходства в Северном Ледовитом океане. Высокая роль Северного морского пути обусловлена необходимостью транспортировки добываемых топливно - энергетических ресурсов и минерального сырья, добываемого на этих территориях.

Таким образом, Северный морской путь характеризуется повышенным значением для современной России. Интерес всего мира к Северному морскому пути связан с тем, что он выступает важнейшим транспортным маршрутом, обеспечивающим освоение ресурсов Арктического региона, в том числе топливно-энергетических, осуществляющим высокодоходные транзитные перевозки и др.

В рамках этого видения Россия является одним из важнейших партнеров в Арктике, особенно учитывая, что Россия контролировала почти половину всего побережья Северного Ледовитого океана, а также земли и ресурсы вдоль Северного морского пути. Россия в целом поддерживает «Пояс и путь» и рассчитывает на включение Китая и других стран в инвестиционные проекты в Арктике и развитие транспортной инфраструктуры на Северном морском пути. Однако на пути к успешной реализации инициативы «Арктический голубой экономический коридор» существует ряд объективных проблем (ограниченность финансовых ресурсов, доступ к определенным технологиям из-за санкций, структурные проблемы российской экономики и др.), решение которых видится только при условии взаимных шагов России, Китая и других стран Юго-Восточной Азии.

Список литературы

1. Зарипова Р.С., Рочева О.А. Разработка системы учета кадров для дорожного предприятия // Наука Красноярья. 2020. Т. 9, № 4-4. С. 108-112.
2. Рочева О.А., Зарипова Р.С., Морозова И.Г. Современное развитие Северного морского пути и его значимость для экономики России // Наука Красноярья. 2020. Т. 9, № 4-4. С. 208-214.
3. Чарикова И.Н., Жаданов В.И., Чарикова В.В., Попов И.А. Методологические аспекты преподавания спецкурса «Проектирование строительных объектов в арктических условиях» // Современные проблемы науки и образования. 2018. № 4. <https://science-education.ru/ru/article/view?id=27801>
4. Шакиров А.А., Зарипова Р.С. Особенности моделирования логистических систем // International Journal of Advanced Studies. 2019. Т. 9, №4. С. 27-31.
5. Nengye Liu. China's Emerging Arctic Policy. China has a clear (though as yet unwritten) strategy for the Arctic. <https://thediplomat.com/2016/12/chinas-emerging-arctic-policy/>
6. Rocheva O., Khadiullina L., Zaripova R., Hamatgaleeva G., Kosulin V. The Arctic of the future: retrospective and perspective of research and

- development // Proceedings of the “New Silk Road: Business Cooperation and Prospective of Economic Development” (NSRBCPED 2019). Advances in Economics, Business and Management Research, 2019. Vol. 131. P. 640-644. <https://dx.doi.org/10.2991/aebmr.k.200324.119>
7. Tyurina M., Porunov A., Zaripova R., Gaynetdinova A., Kosulin V. Information and Measuring System for Ensuring and Monitoring Environmental Safety // Proceedings of the “New Silk Road: Business Cooperation and Prospective of Economic Development” (NSRBCPED 2019). Advances in Economics, Business and Management Research, 2019. Vol. 131. P. 648-653. <https://dx.doi.org/10.2991/aebmr.k.200324.121>
 8. Zaripova R., Tyurina M., Rocheva O., Chupaev A., Sharifullina A. Major Trends in the Digital Transformation of Agriculture // Proceedings of the “New Silk Road: Business Cooperation and Prospective of Economic Development” (NSRBCPED 2019). Advances in Economics, Business and Management Research, 2019. Vol. 131. P. 271-275. <https://dx.doi.org/10.2991/aebmr.k.200324.050>

References

1. Zaripova R.S., Rocheva O.A. Razrabotka sistemy ucheta kadrov dlya dorozhnogo predpriyatiya [Development of a personnel accounting system for a road enterprise]. *Nauka Krasnoyar'ya*, 2020, vol. 9, no. 4-4, pp. 108-112.
2. Rocheva O.A., Zaripova R.S., Morozova I.G. Sovremennoe razvitiye Severnogo morskogo puti i ego znachimost' dlya ekonomiki Rossii [Modern development of the Northern Sea Route and its significance for the Russian economy]. *Nauka Krasnoyar'ya*, 2020, vol. 9, no. 4-4, pp. 208-214.
3. Charikova I.N., Zhadanov V.I., Charikova V.V., Popov I.A. Metodologicheskie aspekty prepodavaniya spetskursa «Proektirovanie stroitel'nykh ob'ektov v arkticheskikh usloviyakh» [Methodological aspects of teaching the special course “Design of construction objects in the Arctic conditions”]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya* [Modern problems of science and education], 2018, no. 4. <https://science-education.ru/ru/article/view?id=27801>

4. Shakirov A.A., Zaripova R.S. Osobennosti modelirovaniya logisticheskikh sistem [Features of modeling logistics systems]. *International Journal of Advanced Studies*, 2019, vol. 9, no. 4, pp. 27-31.
5. Nengye Liu. China's Emerging Arctic Policy. China has a clear (though as yet unwritten) strategy for the Arctic. <https://thediplomat.com/2016/12/chinas-emerging-arctic-policy/>
6. Rocheva O., Khadiullina L., Zaripova R., Hamatgaleeva G., Kosulin V. The Arctic of the future: retrospective and perspective of research and development // Proceedings of the "New Silk Road: Business Cooperation and Prospective of Economic Development" (NSRB-CPED 2019). Advances in Economics, Business and Management Research, 2019. Vol. 131. P. 640-644. <https://dx.doi.org/10.2991/aebmr.k.200324.119>
7. Tyurina M., Porunov A., Zaripova R., Gaynetdinova A., Kosulin V. Information and Measuring System for Ensuring and Monitoring Environmental Safety // Proceedings of the "New Silk Road: Business Cooperation and Prospective of Economic Development" (NSRB-CPED 2019). Advances in Economics, Business and Management Research, 2019. Vol. 131. P. 648-653. <https://dx.doi.org/10.2991/aebmr.k.200324.121>
8. Zaripova R., Tyurina M., Rocheva O., Chupaev A., Sharifullina A. Major Trends in the Digital Transformation of Agriculture // Proceedings of the "New Silk Road: Business Cooperation and Prospective of Economic Development" (NSRB-CPED 2019). Advances in Economics, Business and Management Research, 2019. Vol. 131. P. 271-275. <https://dx.doi.org/10.2991/aebmr.k.200324.050>

ДАнные ОБ АВТОРАХ

Рочева Ольга Александровна, ст. преподаватель кафедры «Менеджмента»

*Казанский инновационный университет им. В.Г. Тимирязова
ул. Московская, 42, г. Казань, Респ. Татарстан, 420111, Российская Федерация
rochevaolga@mail.ru*

Зарипова Римма Солтановна, доцент, кандидат технических наук

*Казанский государственный энергетический университет
ул. Красносельская, 51, г. Казань, Татарстан, 420066, Рос-
сийская Федерация
zarim@rambler.ru*

Морозова Ирина Геннадиевна, доцент кафедры «Менеджмента»,
кандидат экономических наук

*Казанский инновационный университет им. В.Г. Тимирязова
ул. Московская, 42, г. Казань, Татарстан, 420111, Россий-
ская Федерация
igmorozova@ieml.ru*

Хамидуллина Фания Рафиковна доцент кафедры «Менеджмен-
та», кандидат экономических наук

*Казанский инновационный университет им. В.Г. Тимирязова
ул. Московская, 42, г. Казань, Татарстан, 420111, Россий-
ская Федерация
hfr2005@mail.ru*

DATA ABOUT THE AUTHORS

Olga A. Rocheva, Senior Lecturer of the Department of Management

*Kazan Innovative University named after V. G. Timiryasov
42, Moskovskaya Str., Kazan, Tatarstan, 420111, Russian Fe-
deration
rochevaolga@mail.ru*

Rimma S. Zaripova, Associate Professor, Candidate of Technical Sci-
ences

*Kazan State Power Engineering University
51, Krasnoselskaya Str., Kazan, Tatarstan, 420066, Russian Fe-
deration
zarim@rambler.ru*

Irina G. Morozova, Associate Professor «Marketing and Economics»,
Candidate of Economic Sciences

*Kazan Innovative University named after V. G. Timiryasov
42, Moskovskaya Str., Kazan, Tatarstan, 420111, Russian Fe-
deration
igmorozova@ieml.ru*

Fania R. Khamidullina, Associate Professor of the Department of
“Management”, Candidate of Economic Sciences

*Kazan Innovative University named after V. G. Timiryasov
42, Moskovskaya Str., Kazan, Tatarstan, 420111, Russian Fe-
deration
hfr2005@mail.ru*

DOI: 10.12731/2227-930X-2021-11-1-17-33

УДК 629.3

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ СКОРОСТИ ВОЗДУШНОГО ПОТОКА ПЕРЕД ФРОНТОМ РАДИАТОРА НА РАСХОД ТОПЛИВА ДВИГАТЕЛЕМ АВТОМОБИЛЯ

Хольщев Н.В., Коновалов Д.Н., Лавренченко А.А.

Рост стоимости топлива для автомобильных транспортных средств вызывает не только поиск альтернативных источников энергии и применения новых конструкций двигателей для автомобилей, но и поиск способов снижения расхода топлива у уже существующих автомобилей с двигателем внутреннего сгорания за счет совершенствования их конструкции. Мощность, вырабатываемая двигателем внутреннего сгорания, расходуется не только на привод ведущих колес, но и на привод вспомогательного оборудования, обеспечивающего возможность работы двигателя и его систем, а также повышающего безопасность и комфорт передвижения. За счет снижения мощности на привод вспомогательного оборудования или времени его работы можно достичь снижения расхода топлива двигателем. Обязательным элементом любого автомобиля, оборудованного двигателем внутреннего сгорания, является система охлаждения, которая в своем составе содержит радиатор, обеспечивающий теплоотдачу излишнего тепла атмосфере и вентилятор, интенсифицирующий этот процесс при необходимости. Время работы вентилятора непосредственно влияет на расход топлива двигателем автомобиля, следовательно, снизив время его работы можно уменьшить расход топлива. Этого можно достичь, увеличив значение полного коэффициента теплопередачи через стенки радиатора, который зависит от скорости воздуха, протекающего через радиатор. Скорость воздушного потока, без увеличения потребляемой вентилятором мощности, можно повысить за счет уменьшения аэродинамических сопротивлений воздушного тракта

автомобиля. Теоретические предпосылки, подкрепленные анализом предыдущих исследований, нуждаются в экспериментальном подтверждении и практической оценке величины экономии топлива при совершенствовании воздушного тракта автомобиля, обеспечивающем уменьшение времени работы вентилятора.

Цель – теоретическое обоснование влияния скорости воздушного потока перед фронтом радиатора на расход топлива двигателем автомобиля.

Метод или методология проведения работы: в статье использовались системный подход, а также методы математического моделирования.

Результаты: на примере конкретного автомобиля определено влияние увеличения скорости воздушного потока перед фронтом радиатора на расход топлива двигателем автомобиля.

Область применения результатов: полученные результаты могут быть использованы организациями, осуществляющими разработку, ремонт и тюнинг автомобильных транспортных средств и их систем.

Ключевые слова: автомобильный радиатор; коэффициент теплоотдачи; скорость воздушного потока

THEORETICAL STUDIES OF THE INFLUENCE OF THE AIR FLOW RATE IN FRONT OF THE RADIATOR FRONT ON THE FUEL CONSUMPTION OF THE CAR ENGINE

Holshev N.V., Lavrenchenko A.A., Konovalov D.N.

The increase in the cost of fuel for motor vehicles causes not only the search for alternative energy sources and the use of new engine designs for cars, but also the search for ways to reduce fuel consumption in existing cars with an internal combustion engine by improving their design. The power generated by the internal combustion engine is spent not only on the drive of the driving wheels, but also on the drive of auxiliary

equipment that provides the ability to operate the engine and its systems, as well as increasing the safety and comfort of movement. By reducing the power to drive the auxiliary equipment or its operating time, it is possible to reduce the fuel consumption of the engine. A mandatory element of any car equipped with an internal combustion engine is the cooling system, which in its composition contains a radiator that provides heat transfer of excess heat to the atmosphere and a fan that intensifies this process if necessary. The operating time of the fan directly affects the fuel consumption of the car engine, therefore, by reducing the operating time of the fan, you can reduce fuel consumption. This can be achieved by increasing the value of the total heat transfer coefficient through the radiator walls, which depends on the speed of air flowing through the radiator. The speed of the air flow, without increasing the power consumed by the fan, can be increased by reducing the aerodynamic resistance of the air path of the car. The theoretical assumptions supported by the analysis of previous studies need experimental confirmation and practical assessment of the amount of fuel economy when improving the air path of the car, which reduces the fan operating time.

Purpose – *theoretical justification of the influence of the air flow velocity in front of the radiator front on the fuel consumption of the car engine.*

Methodology *the article uses a systematic approach, as well as methods of mathematical modeling.*

Results: *on the example of a particular car, the effect of increasing the air flow velocity in front of the radiator front on the fuel consumption of the car engine is determined.*

Practical implications *the results obtained can be used by organizations engaged in the development, repair and tuning of motor vehicles and their systems.*

Keywords: *car radiator; heat transfer coefficient; air flow rate*

Введение

Поддержание оптимального теплового режима работы двигателя является обязательным условием надежной работы двигателя [19]. Основным элементом системы охлаждения двигателя

автомобиля является радиатор, который обеспечивает рассеивание в окружающую среду излишней теплоты, передаваемой ему от двигателя охлаждающей жидкостью [18, 20]. Количество теплоты, передаваемое двигателем охлаждающей жидкости, изменяется в широких пределах в зависимости от многих факторов, определяемых не только конструктивными параметрами двигателя, но и его рабочими режимами, а также режимами движения автомобиля. При высокой температуре окружающего воздуха и малой скорости движения автомобиля радиатор не успевает отдавать излишнее тело атмосфере из-за низкого потока воздуха через него. Для таких случаев в систему охлаждения дополнительно встраивается вентилятор, обеспечивающий дополнительный поток воздуха через радиатор. Привод вентилятора может быть выполнен конструктивно различным образом: через ременную передачу, через гидромфту, при помощи электродвигателя [11, 13]. Последний вариант наиболее часто применяется в настоящее время. Какой бы ни был вентилятор, его работа ведет к росту расхода топлива автомобилем. Снижая время включения вентилятора или мощность потребляемую им, можно снизить расход топлива, что с учетом стоимости топлива является актуальным.

Теоретические исследования

Энергетический расчет системы охлаждения проводится на всех режимах работы двигателя. Чаще всего выбирают наименее благоприятный режим работы двигателя и движения автомобиля: максимально возможное тепловыделение; температура охлаждающей жидкости на входе в радиатор равна максимально возможной при эксплуатации автомобиля; температура воздуха на входе в радиатор соответствует максимальной для данного климатического района; режим движения соответствует длительному подъему полностью груженого автомобиля при крутизне 7,2% с установившейся скоростью 50 км/ч [3].

Расчет системы охлаждения двигателя предусматривает те-

пловой расчет, а также аэродинамический, основанный на тепловом. Задачей теплового расчета является определение величины тепла отводимого охлаждающей среде $Q_{\text{ж}}$ [1, 2, 7-9, 10, 14, 17, 18]. Ее можно найти по эмпирическим формулам, учитывающим теплотворную способность топлива, конструктивные особенности и режим работы двигателя, его эффективную мощность при рассматриваемом режиме [10]. Затем осуществляется расчет объема циркулирующей охлаждающей жидкости с учетом ее теплоемкости и температуры на входе и выходе из радиатора [15].

Следующим этапом расчета системы охлаждения двигателя является определение площади поверхности охлаждения [1, 2, 7-9, 10, 14]:

$$F_p = \frac{Q_{\text{ж}}}{k(t_{\text{охлж}} - t_{\text{охлв}})}, \quad (1)$$

где k – полный коэффициент теплопередачи через стенки радиатора, Вт/м²·К; $t_{\text{охлж}}$ и $t_{\text{охлв}}$ – средняя температура соответственно охлаждающей жидкости в радиаторе и проходящего через радиатор воздуха, °К.

Величина k может быть определена по формуле [1, 2, 7]:

$$k = \frac{1}{\frac{f_{\text{ор}}}{\alpha_1} + \frac{f_{\text{ор}} \cdot \delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}}, \quad (2)$$

где α_1 – коэффициент теплоотдачи от жидкости к стенкам радиатора, Вт/м²·К; λ – коэффициент теплопроводности металла стенок (трубок) радиатора, Вт/м·К; δ – толщина стенки трубки, м; α_2 – коэффициент теплоотдачи от стенок радиатора (трубок) к воздуху, Вт/м²·К; $f_{\text{ор}}$ – коэффициент оребрения трубок решетки.

Анализ формулы (2), с учетом экспериментальных значений коэффициентов α_1 ($\alpha_1 = 2300 \dots 4100$ Вт/м²·К), λ (для латуни $\lambda = 84 \dots 125$ Вт/м·К; для алюминиевых сплавов $\lambda = 105 \dots 200$ Вт/м·К; для меди $\lambda = 330$ Вт/м·К) и α_2 ($\alpha_2 = 40 \dots 300$ Вт/м²·К), а также значений толщины стенки трубок радиатора ($\delta = 0,0015 \dots 0,002$ м) и степени оребрения ($f_{\text{ор}} = 5 \dots 11,5$) [1, 2, 6, 7-9, 10], показывает, что наибольшее влияние значения полного коэффициент теплопередачи через стенки

радиатора оказывает наименьший из коэффициентов – коэффициент теплоотдачи от стенок радиатора (трубок) к воздуху α_2 . Известно, что влияние отношения $\frac{f_{\text{оп}} \cdot \delta}{\lambda}$ (термическое сопротивление) на полный коэффициент теплопередачи через стенки радиатора для современных радиаторов мало (около 0,5%) и при практических расчетах его можно не учитывать [7]. В большинстве случаев также можно пренебречь и отношением $\frac{f_{\text{оп}}}{\alpha_1}$ [7]. В таком случае можно считать, что $k \approx \alpha_2$ [7]. Коэффициент теплоотдачи от стенок радиатора к воздуху α_2 можно найти по формуле [2]:

$$k \approx \alpha_2 \approx 41v_{\text{воз}}^{0,8} \quad (3)$$

где $v_{\text{воз}}$ – скорость воздуха перед фронтом радиатора, м/с.

На основании формулы (3) построим теоретическую кривую изменения значений полного коэффициента теплопередачи через стенки радиатора при различных значениях скорости воздушного потока (рисунок 1).

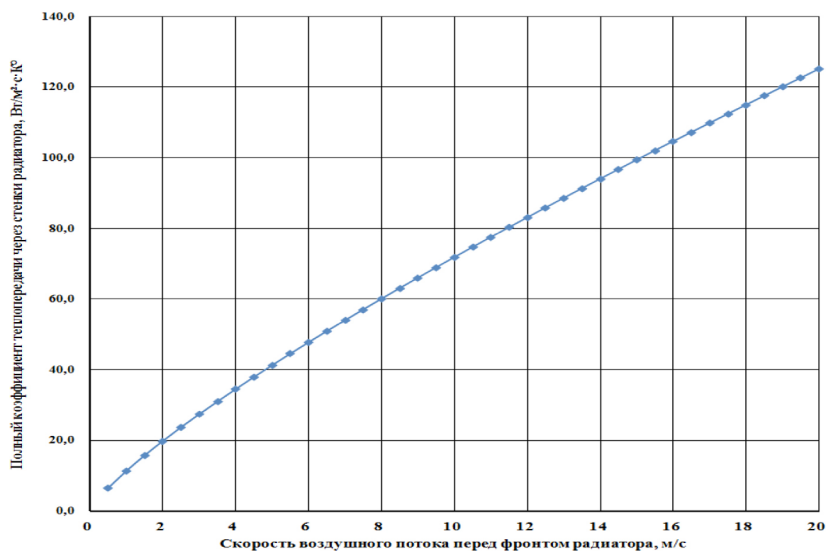


Рис. 1. График изменения полного коэффициента теплопередачи автомобильного радиатора

Из рисунка 1 видно, что наиболее интенсивный прирост значений полного коэффициента теплопередачи через стенки радиатора происходит при минимальных значениях скорости воздушного потока и составляет 54% при росте скорости воздуха от 0,5 до 1 м/с. Затем интенсивность прироста коэффициента плавно снижается до 5% при скорости воздуха 7,5 м/с. Дальнейшее увеличение скорости воздушного потока ведет к незначительному, практически линейному росту полного коэффициента теплопередачи через стенки радиатора до 2% при скорости воздуха 20 м/с. Прирост скорости воздушного потока на данном участке зависимости в 1 м/с приводит к росту k в среднем на две единицы. Полученные значения будут отличаться от реальных, но зависимость останется примерно такой же [1, 7, 9].

Изыскание способов повышения скорости потока воздуха, протекающего через радиатор являются актуальной задачей [4, 5, 17], решение которой положительно скажется при электроприводе вентилятора системы охлаждения на топливную экономичность автомобиля при совершенствовании существующего блока «вентилятор-радиатор» автомобиля, а при проектировании новых систем охлаждения позволит снизить массу радиатора (за счет уменьшения степени ребренности радиатора) или его площадь, сделав более компактным.

Для оценки влияния скорости воздушного потока на время работы вентилятора системы охлаждения необходимо знать время его работы при начальном значении скорости воздушного потока и величину снижения данного времени при новом значении скорости воздуха. Физический смысл полного коэффициента теплопередачи – количество теплоты (в Дж) отводимых от более нагретого тела с 1 м^2 за 1 секунду при разности температур между телами в 1 градус. Тогда при неизменном количестве теплоты и переменном значении коэффициента полной теплопередачи время за которое будет рассеяно некоторое количество теплоты $Q_{\text{ж}}$ составит:

$$\tau_1 = \frac{Q_{\text{ж}}}{k_1 F_p \Delta t_1}, \text{с.} \quad (4)$$

где Δt_1 – разность средних значений температур охлаждающей жидкости и воздуха, °К.

При новом значении коэффициента k_2 время будет иное и составит:

$$\tau_2 = \frac{Q_{\text{ж}}}{k_2 F_p \Delta t_2}, \text{ с.} \quad (5)$$

где Δt_2 – разность средних значений температур охлаждающей жидкости и воздуха, °К.

Тогда величина изменения времени работы вентилятора в долях единицы составит относительно исходного составит:

$$\Delta \tau = \frac{\tau_2}{\tau_1} = \frac{\frac{Q_{\text{ж}}}{k_2 F_p \Delta t_2}}{\frac{Q_{\text{ж}}}{k_1 F_p \Delta t_1}} = \frac{Q_{\text{ж}}}{k_2 F_p \Delta t_2} \cdot \frac{k_1 F_p \Delta t_1}{Q_{\text{ж}}}. \quad (6)$$

После преобразований получим выражение описывающее изменение времени работы вентилятора в зависимости от величины полного коэффициента теплопередачи через стенки радиатора

$$\Delta \tau = \frac{k_1 \Delta t_1}{k_2 \Delta t_2}. \quad (7)$$

Зная мощность, потребляемую двигателем вентилятора N_B и время работы вентилятора τ_1 , соответствующее исходному значению полного коэффициента теплопередачи через стенки радиатора k_1 , а также удельный расход топлива двигателем автомобиля g_e , КПД генератора автомобиля η_r и электродвигателя вентилятора $\eta_{\text{эд}}$ можно найти массу топлива, расходуемого на привод вентилятора:

$$m_{\text{мв1}} = \frac{g_e N_B \tau_1}{3600 \eta_{\text{эд}} \eta_r}. \quad (8)$$

где g_e – удельный расход топлива двигателем автомобиля, г/кВт·ч; N_B – мощность электродвигателя вентилятора, кВт; η_r – КПД генератора автомобиля; $\eta_{\text{эд}}$ – электродвигателя вентилятора автомобиля; τ_1 – время работы вентилятора при значении полного коэффициента теплопередачи через стенки радиатора равном k_1 , с.

Для нового значения полного коэффициента теплопередачи через стенки радиатора k_2 масса топлива, расходуемого на привод вентилятора составит:

$$m_{mb2} = \frac{g_e N_B \tau_2}{3600 \eta_{эд} \eta_{\Gamma}}. \quad (9)$$

где τ_2 – время работы вентилятора при значении полного коэффициента теплопередачи через стенки радиатора равном k_2 , с.

Тогда величина изменения расхода топлива в долях единицы относительно исходного состояния составит:

$$\Delta m_{mb} = \frac{m_{mb2}}{m_{mb1}} = \frac{\frac{g_e N_B \tau_2}{3600 \eta_{эд} \eta_{\Gamma}}}{\frac{g_e N_B \tau_1}{3600 \eta_{эд} \eta_{\Gamma}}} = \frac{g_e N_B \tau_2}{3600 \eta_{эд} \eta_{\Gamma}} \cdot \frac{3600 \eta_{эд} \eta_{\Gamma}}{g_e N_B \tau_1}. \quad (10)$$

После преобразований и с учетом выражения (7) получим выражение оценивающее изменения расхода топлива в долях единицы относительно исходного состояния:

$$\Delta m_{mb} = \frac{\tau_2}{\tau_1} = \frac{k_1 \Delta t_1}{k_2 \Delta t_2}. \quad (11)$$

В таком случае расход топлива на привод вентилятора при k_2 с учетом выражений (9) и (11) составит:

$$m_{mb2} = \frac{g_e N_B \tau_1}{3600 \eta_{эд} \eta_{\Gamma}} \cdot \frac{k_1 \Delta t_1}{k_2 \Delta t_2}. \quad (12)$$

или с учетом (3):

$$m_{mb2} = \frac{g_e N_B \tau_1}{3600 \eta_{эд} \eta_{\Gamma}} \cdot \frac{\Delta t_1}{\Delta t_2} \cdot \left(\frac{\omega_1}{\omega_2} \right)^{0,8}. \quad (13)$$

Результаты исследования

Используя полученные выражений произведем оценку величины экономии топлива за счет изменения значения скорости прохождения воздуха через радиатор автомобиля, вызывающей рост значения полного коэффициента теплопередачи через стенки радиатора k . Расчет будем вести по данным автомобиля ВАЗ-2110.

Допустим, что разности Δt_1 и Δt_2 равны между собой, тогда выражение (12) упростится к виду:

$$m_{mb2} = \frac{g_e N_B \tau_1 k_1}{3600 \eta_{эд} \eta_{\Gamma} k_2}. \quad (14)$$

Для расчета принимали: $g_e = 300$ г/кВт·ч; $N_B = 0,18$ кВт; $\eta_{эд} = 0,9$; $\eta_r = 0,6$ [12]. Время работы вентилятора равно 1 часу, а изменение отношения коэффициентов k_1/k_2 изменяли от 0,1 до 1 с шагом в 0,1. По результатам расчета построили график (рисунок 2).

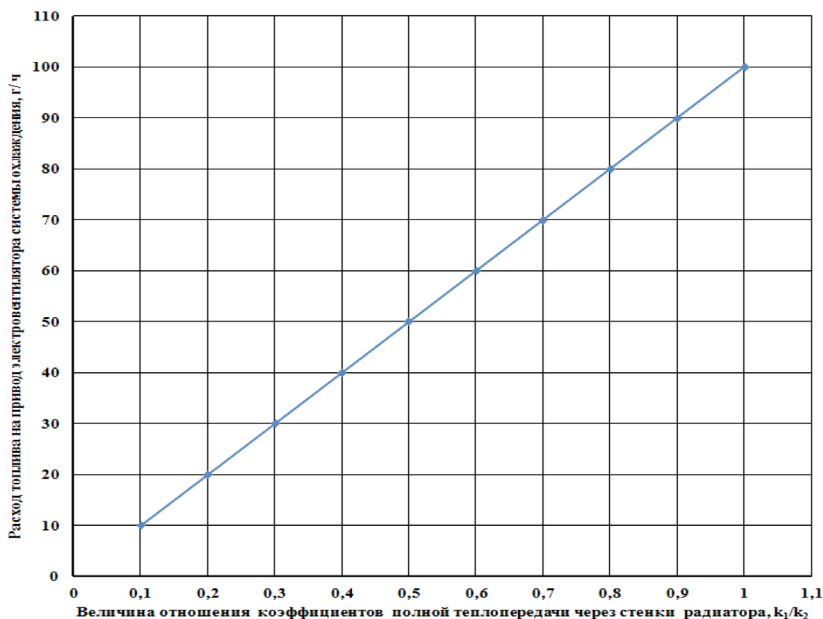


Рис. 2. Влияние отношения k_1/k_2 на величину расхода топлива на привод вентилятора системы охлаждения

Из рисунка 2 видно, что при исходном состоянии при значении полного коэффициента теплопередачи через стенки радиатора $k = k_1$ расход топлива на привод вентилятора составляет 100 грамм в час. Уменьшение отношения k_1/k_2 на каждые 10% ведет к снижению расхода топлива на привод электровентилятора на 10 грамм в час для рассматриваемого случая. Для увеличения коэффициента k_2 на 10% ($k_1/k_2 = 0,9$) необходим прирост скорости воздушного потока на 13,15%, а для увеличения коэффициента k_2 на 50% ($k_1/k_2 = 0,5$) нужен прирост скорости воздушного потока уже на 81,6%. Таким образом, подтверждается положительное влияние повышения ско-

рости воздушного потока, проходящего через радиатор, на снижение расхода топлива автомобилем.

Заключение

Проведенные теоретические исследования по изучению влияния скорости воздушного потока, протекающего через радиатор, на расход топлива двигателем автомобиля, наглядно показывают целесообразность ее увеличения с этой точки зрения. Экономия топлива будет достигаться за счет уменьшения времени работы привода вентилятора, что обеспечивается ростом значения полного коэффициента теплопередачи через стенки радиатора, величина которого прежде всего зависит от скорости воздушного потока. Повысить скорость потока воздуха, без увеличения мощности на привод вентилятора можно за счет снижения аэродинамических сопротивлений воздушного тракта системы охлаждения автомобиля. В частности этого можно достичь улучшая условия выхода воздушного потока из радиатора [11]. При этом надо учитывать конструктивные особенности воздушного тракта конкретного автомобиля, прежде всего это наличие кожуха вентилятора, его расположение и расстояние от вентилятора до двигателя автомобиля. Для изучения рациональности и возможности увеличения скорости воздушного потока через радиатор, путем совершенствования аэродинамических характеристик воздушного тракта автомобиля необходимо провести дополнительные исследования по определению фактических значений и распределения векторов скоростей воздушного потока перед радиатором и влияния на них условий выхода воздуха из него [12].

Список литературы

1. Автомобильные двигатели: учебник / В. М. Архангельский, М. М. Вихерт, Л. Н. Воинов, Ю. А. Степанов, В. И. Трусов, М. С. Ховах [Под ред. М. С. Ховаха]. М.: «Машиностроение», 1977. 591 с.
2. Автомобильные и тракторные двигатели (теория, системы питания, конструкции и расчет) И. М. Ленин, К. Г. Попык, О. М. Ма-

- лашкин, И. Я. Райков, Г. И. Самоль, К. И. Сидорин [Под ред. И. М. Ленина]. М.: Высшая школа, 1969. 655 с.
3. Бурков В. В., Индейкин А. И. Автотракторные радиаторы: справочное пособие. Л.: Машиностроение, 1978. 216 с.
 4. Гончаров А. В. Выбор рациональных параметров конструкции и режимов работы блока «радиатор-вентилятор» системы охлаждения двигателя внутреннего сгорания автомобиля // Вестник Восточноукраинского национального университета им. В. Даля. 2007. № 6 (112). С. 108-112.
 5. Гончаров А. В., Верховодов А.А. Совершенствование блока «радиатор-вентилятор» охлаждающих устройств двигателей легковых автомобилей // Прогрессивные технологии в транспортных системах: сборник трудов конференции [Под ред. В.И. Рассоха]. Оренбург, 2015. С. 215-224.
 6. ГОСТ 529-2015 Трубки радиаторные. Технические условия: межгосударственный стандарт: дата введения 01.04.2016 / Федеральное агентство по техническому регулированию. М.: Стандартинформ, 2015. 14 с.
 7. Двигатели внутреннего сгорания. Книга 2. Динамика и конструирование: учебник для вузов/В. Н. Луканин, И. В. Алексеев, М. Г. Шатров и др. [Под ред. В. Н. Луканина, М. Г. Шатрова]. М.: Высшая школа, 2007. 400 с.
 8. Колчин А.И., Демидов В.П. Расчет автомобильных и тракторных двигателей: учебное пособие для вузов. М.: Высшая школа, 2008. 496 с.
 9. Конструкция и расчет автотракторных двигателей: учебник для вузов / М. М. Вихерт, Р. П. Доброгаев, М. И. Ляхов, А. В. Павлов, М. П. Соловьев, Ю. А. Степанов, В. Г. Суворов [Под ред. Ю. А. Степанова]. М.: Машиностроение, 1964. 552 с.
 10. Толстоногов А.П. Системы охлаждения поршневых двигателей внутреннего сгорания: учебное пособие. Самара: Самарский государственный аэрокосмический университет, 2002. 208 с.
 11. Шипилов А.А. Обзор и анализ конструкций систем принудительного охлаждения радиаторов легковых автомобилей // Фундамен-

- тальные и прикладные научные исследования: инновационный потенциал развития: сборник трудов конференции / Под редакцией А.Р. Халикова. Уфа, 2019. Ч. 1. С. 133-140
12. Шипилов А.А., Хольшев Н.В. Методика и результаты экспериментального определения скорости воздушного потока перед радиатором системы охлаждения автомобиля // Инновационный потенциал развития науки в современном мире: сборник трудов конференции / Под ред. А.Р. Халикова. Уфа, 2019. Ч.2. С. 139-146
 13. Шипилов А.А., Хольшев Н.В. Обзор способов регулирования интенсивности охлаждения радиатора двигателя автомобиля// Проблемы технической эксплуатации и автосервиса подвижного состава автомобильного транспорта: сборник трудов конференции / Под ред. Л.Л. Зиманова. М., 2019. С. 168 - 171
 14. Якубович А. И., Кухаренок Г. М., Тарасенко В. Е. Системы охлаждения двигателей тракторов и автомобилей. Исследования, параметры и показатели: монография. Минск: БНТУ, 2014. 300 с.
 15. Jack T. K., Ojapah M. M. Water-cooled petrol engines: a review of considerations in cooling systems calculations with variable coolant density and specific heat // International Journal of Advances in Engineering and Technology. 2013. No. 6 (2). P. 659-667.
 17. Ma W. S., Shen W. X., Zhang L.W. Heat rejection efficiency research of new energy automobile radiators // IOP Conference Series: Materials Science AND Engineering. 2018. No. 324. P. 1-11.
 18. Mounika P., Sharma R. K., Kishore P. S. Performance Analysis of Automobile Radiator // International Journal on Recent Technologies in Mechanical and Electrical Engineering (IJRMEE). 2019. No. 3. P. 35-38.
 19. Palani S., Irudhayaraj R., Vigneshwaran R., Selvam M., Harish K. A. Study of Cooling System in I.C. Engine Improving Performance with Reduction of Cost // Indian Journal of Science and Technology. 2016. No. 9 (1). P. 1-8.
 20. Virale A. G., Nitnaware P. T. Experimental analysis of jacket cooling of S I engine and study of operating parameters and emissions // International Journal of Advances in Engineering and Technology. 2017. No. 10. P. 113-121.

References

1. Arhangel'skij V.M., Vihert M.M., Voinov L.N., Stepanov Ju.A., Trusov V.I., Hovah M.S. *Avtomobil'nye dvigateli* [Automobile engines] / M.S. Hovah (ed.). M., 1977, 591 p.
2. Lenin I.M., Popyk K.G., Malashkin O.M., Raikov I.Ya., Samol G.I., Sidorin K.I. *Avtomobil'nye i traktornye dvigateli (teorija, sistemy pitani-ja, konstrukcii i raschet)* [Automobile and tractor engines (theory, power systems, designs and calculation)] / [I.M. Lenin (ed.). M, 1969, 655 p.
3. Burkov V. V., Indeykin A. I. *Avtotraktornye radiatory: spravochnoe posobie* [Avtotraktornye radiatori: reference manual]. L, 1978, 216 p.
4. Goncharov A.V. Vybór racional'nyh parametrov konstrukcii i rezhimov raboty bloka «radiator-ventiljator» sistemy ohlazhdenija dvigatelja vnutrennego sgoranija avtomobilja [Selection of rational design parameters and operating modes of the radiator-fan unit of the car internal combustion engine cooling system]. *Vestnik Vostochnoukrainskogo nacional'nogo universiteta im. V. Dalja*. [Bulletin of the Eastern Ukrainian National University named after V. Dahl], 2007, no. 6 (112), pp. 108-112.
5. Goncharov A.V., Verkhovodov A. A. Sovershenstvovanie bloka “radiator-ventiljator” ohlazhdajushhih ustrojstv dvigatelej legkovykh avtomobilej [Verkhovodov Improvement of the block “radiator-fan” of cooling devices of passenger car engines]. *Progressivnye tehnologii v transportnyh sistemah* [Progressive technologies in transport systems: collection of conference proceedings] / V.I. Rassoha (ed.). Orenburg, 2015, pp. 215-224
6. *GOST 529-2015. Trubki radiatornye. Tehnicheskie uslovija* [GOST 529-2015. Radiator tubes. Technical conditions]. M., 2015, 14 p.
7. Lukanin V.N., Alekseev I.V., Shatrov M.G., etc. *Dvigateli vnutrennego sgoranija. Kniga 2. Dinamika i konstruirovanie* [Internal combustion engines. Book 2. Dynamics and construction]. [V. N. Lukanin, M. G. Shatrov (ed.)]. M., 2007, 400 p.
8. Kolchin A. I., Demidov V. P. *Raschet avtomobil'nyh i traktornyh dvigatelej* [Calculation of automobile and tractor engines: textbook for universities]. M., 2008, 496 p.

9. Vihert M.M., Dobrogaev R.P., Lyakhov M.I., Pavlov A.V., Sokolov M.P., Stepanov Yu.A., Suvorov V.G. *Konstrukcija i raschet avtotraktorov dvigatelej* [Design and calculation of automotive engines] / Yu. A. Stepanov (ed.). M., 1964, 552 p.
10. Tolstonogov A.P. *Sistemy ohlazhdenija porshnevnyh dvigatelej vnutrennego sgoranii* [Cooling systems of internal combustion piston engines]. Samara, 2002, 208 p.
11. Shipilov A.A. Obzor i analiz konstrukcij sistem prinuditel'nogo ohlazhdenija radiatorov legkovykh avtomobilej [Review and analysis of structures of forced cooling systems for passenger car radiators]. *Fundamental'nye i prikladnye nauchnye issledovanija* [Fundamental and applied research: innovative development potential]. [A. R. Khalikov (ed.)]. Ufa, 2019, part 1, pp. 133-140.
12. Shipilov A.A., Kholshev N.V. Metodika i rezul'taty jeksperimental'nogo opredelenija skorosti vozdušnogo potoka pered radiatorom sistemy ohlazhdenija avtomobilja [Methodology and results of the experimental determination of the air flow rate in front of the radiator of the car cooling system]. *Innovacionnyj potencial razvitija nauki v sovremenom mire* [Innovative potential for the development of science in the modern world] / A. R. Khalikov (ed.). Ufa, 2019, part 2, pp. 139-146.
13. Shipilov A.A., Kholshev N.V. Obzor sposobov regulirovanija intensivnosti ohlazhdenija radiatora dvigatelja avtomobilja [Review of methods for regulating the cooling intensity of the car engine radiator]. *Problemy tehničeskoj jekspluatacii i avtoservisa podvizhnogo sostava avtomobil'nogo transporta* [Problems of technical operation and car service of rolling stock of motor transport] / L. L. Zimanov (ed.). M., 2019, pp. 168-171.
14. Yakubovich A. I., Kukharenek G.M., Tarasenko V.E. *Sistemy ohlazhdenija dvigatelej traktorov i avtomobilej. Issledovanija, parametry i pokazateli* [Cooling systems of engines of tractors and cars. Research, parameters and indicators]. Minsk, 2014, 300 p.
15. Jack T.K., Ojapah M.M. Water-cooled petrol engines: a review of considerations in cooling systems calculations with variable coolant density and specific heat. *International Journal of Advances in Engineering and Technology*, 2013, no. 6 (2), pp. 659-667.

17. Ma W. S., Shen W. X., Zhang L. W. Heat rejection efficiency research of new energy automobile radiators. *IOP Conference Series: Materials Science AND Engineering*, 2018, no. 324, pp. 1-11.
18. Mounika P., Sharma R. K., Kishore P. S. Performance Analysis of Automobile Radiator . *International Journal on Recent Technologies in Mechanical and Electrical Engineering (IJRMEE)*, 2019, no. 3, pp. 35-38.
19. Palani S., Irudhayaraj R., Vigneshwaran R., Selvam M., Harish K. A. Study of Cooling System in I.C. Engine Improving Performance with Reduction of Cost. *Indian Journal of Science and Technology*, 2016, no. 9 (1), pp. 1-8.
20. Virale A. G., Nitnaware P. T. Experimental analysis of jacket cooling of S I engine and study of operating parameters and emissions. *International Journal of Advances in Engineering and Technology*, 2017, no. 10, pp. 113-121.

ДАНЫЕ ОБ АВТОРАХ

Хольшев Николай Васильевич, доцент кафедры «Техника и технологии автомобильного транспорта», кандидат технических наук

*Тамбовский государственный технический университет
ул. Советская, 106, г. Тамбов, Тамбовская область, 392000,
Российская Федерация
xhb@live.ru*

Коновалов Дмитрий Николаевич, доцент кафедры «Техника и технологии автомобильного транспорта», кандидат технических наук

*Тамбовский государственный технический университет
ул. Советская, 106, г. Тамбов, Тамбовская область, 392000,
Российская Федерация
kdn1979dom@mail.ru*

Лавренченко Анатолий Александрович, доцент кафедры «Техника и технологии автомобильного транспорта», кандидат технических наук

*Тамбовский государственный технический университет
ул. Советская, 106, г. Тамбов, Тамбовская область, 392000,
Российская Федерация
anatoliy_658@mail.ru*

DATA ABOUT THE AUTHORS

Nikolai V. Kholshchov, Associate Professor of the Department of Road Transport Technology and Technology, Candidate of Technical Sciences

*Tambov State Technical University
106, Sovetskaya Str., Tambov, Tambov region, 392000, Russian
Federation
xhb@live.ru*

Dmitry N. Kononov, Associate Professor of the Department of Road Transport Technology and Technology, Candidate of Technical Sciences

*Tambov State Technical University
106, Sovetskaya Str., Tambov, Tambov region, 392000, Russian
Federation
kdn1979dom@mail.ru*

Anatoly A. Lavrenchenko, Associate Professor of the Department of Road Transport Technology and Technology, Candidate of Technical Sciences

*Tambov State Technical University
106, Sovetskaya Str., Tambov, Tambov region, 392000, Russian
Federation
anatoliy_658@mail.ru*

DOI: 10.12731/2227-930X-2021-11-1-34-44**УДК 656**

РЕШЕНИЕ ТРАНСПОРТНОЙ ЗАДАЧИ С НЕЧЕТКО ОПРЕДЕЛЁННЫМИ ТАРИФАМИ

Агапова Е.Г., Попова Т.М.

Большое практическое значение имеют оптимизационные задачи, содержащие в своей постановке неопределённость. Например, оптимизационная задача доставки мелкопартионных грузов в условиях крупного города методом нечетких с-средних. Этот метод предназначен для разбиения множества элементов на нечеткие подмножества. Что в свою очередь дает возможность распределения периферийных пунктов по районам, исходя из дополнительных условий. Применение аппарата теории нечетких множеств упрощает постановку и описание задач. В данной статье рассматривается построение оптимального плана транспортной задачи, в которой удельные затраты на перевозку представляют собой нечеткие множества. На модельном примере построен план перевозок в условиях изменяющего тарифа. Решение данной задачи позволяет разработать наиболее рациональные пути и способы транспортирования товаров, устранить чрезмерно дальние, встречные, повторные перевозки. Все это сокращает время продвижения товаров, уменьшает затраты предприятий и фирм, связанные с осуществлением процессов снабжения сырьем, материалами, топливом, оборудованием и т.д. Алгоритм и методы решения транспортной задачи могут быть использованы при решении некоторых экономических задач, не имеющих ничего общего с транспортной задачей.

Цель – нахождение оптимального решения транспортной задачи с нечетко определенными тарифами.

Метод или методология проведения работы: в статье использовались методы линейного программирования, а также элементы теории нечетких множеств.

Результаты: *получен алгоритм нахождения оптимального решения транспортной задачи с нечетко определенными тарифами.*

Область применения результатов: *полученные результаты целесообразно применять при планировании транспортных перевозок, а также при решении некоторых экономических задач.*

Ключевые слова: *транспортная задача; нечеткие множества; оптимальный план*

SOLUTION OF THE TRANSPORT TASK WITH FUZZY DEFINED TARIFFS

Agapova E.G., Popova T.M.

Optimization tasks containing uncertainty in their formulation have great importance. For example, the optimization problem of delivering fine-flow cargo in the conditions of a large city by the method of fuzzy with-medium. This method is designed to break the set of elements on fuzzy subsets. Which in turn makes it possible to distribute peripheral points in areas, based on additional conditions. The use of the apparatus of the theory of fuzzy sets simplifies the formulation and description of the tasks. This article discusses the construction of the optimal plan of the transport problem, in which the specific costs of transportation are fuzzy sets. The model example built a plan for transportation in a changing tariff. The solution to this task allows you to develop the most rational ways and ways to transport goods, eliminate excessively distant, counter, re-transport. All this reduces the time promotion of goods, reduces the costs of enterprises and firms related to the implementation of the supply processes with raw materials, materials, fuel, equipment, etc. The algorithm and methods of solving the transport task can be used in solving some economic tasks that do not have anything in common with transportation of cargo.

Purpose. *Finding the optimal solution of the transport task with fuzzy specific tariffs.*

Methodology *in article use linear programming methods, elements of the theory of fuzzy sets.*

Results: *Obtained an algorithm for finding the optimal solution of the transport problem with unclearly defined tariffs.*

Practical implications *it is expedient to apply the received results for transport planning, for solving some economic problems.*

Keywords: *transport task; fuzzy sets; optimal plan*

Многочисленные задачи принятия решений, в том числе и задачи о транспортных перевозках, сводятся к вычислительной схеме, типичной для задач математического программирования. При решении таких задач различают две ситуации. Первая: параметры целевой функции задачи и ограничений – детерминированные величины. Для решения этих задач используются хорошо известные оптимизационные методы [2, 6]. Например, при специфике дорожного движения в городе с учетом потери времени на заторы на дорогах. Предложен оптимальный маршрут торгового представителя, который задает последовательность всех торговых точек и описывает оптимальные пути следования от одной торговой точки к другой [1]. Во второй ситуации исходная информация содержит элементы неопределенности, параметры которых являются случайными величинами с известными законами распределения, объединены в класс задач стохастического программирования [8, 13]. На практике достаточно часто возникают ситуации, когда в результате недостаточного объема выборки исходных данных получение эмпирической плотности распределения случайных параметров задачи не представляется возможным. Другой подход состоит в описании неточных элементов задачи в терминах нечетких множеств [3-5], [7], [9], [11], [15-18]. При этом получают задачу нечеткого математического программирования. Применение аппарата теории нечетких множеств упрощает постановку и описание задач, но делает невозможным непосредственное использование хорошо изученных и отработанных детерминированных методов. Таким образом, возникает проблема разработки специфических методов математического программирования для решения задач, параметры которых заданы нечетко [10].

Рассмотрим задачу о перевозке продукции от m поставщиков однородной продукции с известными запасами этой продукции $A_i, i = 1, \dots, m$ и n потребителей этой продукции с заданными объемами потребления $B_j, j = 1, \dots, n$. Удельные затраты на перевозку представляют собой нечеткие множества $\bar{C}_{ij}$.

Пусть сумма объемов запасов продукции равна объему потребления всех потребителей (задача называется закрытого типа), рассмотрим задачу определения значения вектора действительных переменных в $x_{ij} \geq 0, i = 1, \dots, n, j = 1, \dots, m$, при условиях системы ограничений

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = A_i, \quad \sum_{i=1}^{nm} x_{ij} = B_j, \quad i = 1, \dots, m, \quad j = 1, \dots, n,$$

обеспечивающих наиболее эффективное значение Fuzzy-множества целевой функции

$$\bar{F} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \bar{C}_{ij} x_{ij} \rightarrow \min,$$

где $\bar{C}_{ij} \geq 0$ – нечеткие множества.

В качестве Fuzzy-множеств можно рассматривать компактные множества с функциями принадлежности самого общего вида $0 \leq \mu_{\bar{C}}(\bar{C}_{ij}) \leq 1$. В частности, можно рассматривать функции принадлежности, представленные двумя функциями $\mu_{L(\bar{C})}(\bar{C}_{ij})$ и $\mu_{R(\bar{C})}(\bar{C}_{ij})$ или тремя – $\mu_{L(\bar{C})}(\bar{C}_{ij})$, $\mu_{R(\bar{C})}(\bar{C}_{ij})$ и $\mu_{G(\bar{C})}(\bar{C}_{ij})$. Функция $\mu_{L(\bar{C})}(\bar{C}_{ij})$ – монотонно неубывающая на отрезке $[0, 1]$, функция $\mu_{R(\bar{C})}(\bar{C}_{ij})$ – монотонно невозрастающая на отрезке $[0, 1]$, а функция $\mu_{G(\bar{C})}(\bar{C}_{ij}) = \text{const} = 1$ в противном случае – открытой.

Алгоритм решения такой транспортной задачи ничем не отличается от алгоритма с определенными тарифами и состоит из трех этапов: построение опорного плана перевозок, проверка его на оптимальность и улучшение плана с оптимизацией целевой функции.

При построении опорного плана, например методом минимальных элементов, поставка $x_{ij} = \min \{A_i, B_j\}$, с учетом уже произведенных поставок, то выбор соответствующей поставки

осуществляется на основе перевода нечеткого тарифа в детерминированный, при этом, расчет детерминированного эквивалента для каждого нечеткого множества коэффициента целевой функции $\bar{C}_{ij}$ в виде $S(\bar{C}_{ij})$ по формулам

$$S(\bar{C}) = \sum_{p=0}^P w_p L_p,$$

где $w_p \geq 0$ – весовые коэффициенты сечений нечетких множеств, или $L_p = 0,5(C_p^1 + C_p^2)$ – координаты средних точек соответствующих сечений нечетких множеств $(C, \mu_{\bar{C}}(C)) - \alpha_0, \alpha_1, \dots, \alpha_p, \dots, \alpha_p$, $C_0^1, C_1^1, \dots, C_p^1, \dots, C_p^1$ и $C_0^2, C_1^2, \dots, C_p^2, \dots, C_p^2$ – соответственно координаты левых и правых крайних точек (координаты абсцисс всех этих сечений), после чего все шаги получения опорного решения ничем не отличаются от последовательности вычислений в случае детерминированных значений c_{ij} .

Пусть $x_{ij} \geq 0$ – детерминированные значения объемов перевозок, полученные в некотором допустимом базовом решении. Fuzzy-множество, определяющее значение целевой функции полученного базисного решения, определяется по формуле:

$$\mu_{\bar{F}(\bar{Z})}(\bar{F}(\bar{Z}_p)) = \max_{(\bar{x}_{11}, \bar{x}_{12}, \dots, \bar{x}_{ij}, \dots, \bar{x}_{nm}) \in \bar{Q}(\bar{Z}_p)} \{\mu_{\bar{C}}(\bar{C}_{11}), \mu_{\bar{C}}(\bar{C}_{12}), \dots, \mu_{\bar{C}}(\bar{C}_{ij}), \dots, \mu_{\bar{C}}(\bar{C}_{nm})\},$$

где

$$\bar{Q}(\bar{Z}_p) = \{(\bar{x}_{11}, \bar{x}_{12}, \dots, \bar{x}_{ij}, \dots, \bar{x}_{nm}) \mid \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \bar{C}_{ij} \bar{x}_{ij} = \bar{Z}_p; \bar{x}_{ij} > 0, i=1, \dots, n, j=1, \dots, m\};$$

$\bar{Z}_p \in [\bar{Z}^{\min}, \bar{Z}^{\max}]$ – диапазон возможных детерминированных значений суммарных затрат, связанных с перевозкой грузов [13 -14].

Для функций принадлежности удельных затрат доставки грузов трапециевидного и треугольного вида выражение $\mu_{\bar{F}(\bar{Z})}(\bar{F}(\bar{Z}_p))$ вычисляется по явным формулам

$$\mu_{\bar{F}(\bar{Z})}(\bar{F}(\bar{Z}_p)) \rightarrow (\bar{A}, \bar{M}_1, \bar{M}_2, \bar{B})$$

или

$$\mu_{\bar{F}(\bar{Z})}(\bar{F}(\bar{Z}_p)) \rightarrow (\bar{A}, \bar{M}, \bar{B}),$$

где

$$\begin{aligned} \bar{A} &= \left\{ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m a(\bar{C}_{ij}) \bar{x}_{ij} \mid \bar{x}_{ij} > 0, i=1, \dots, n, j=1, \dots, m \right\}; \\ \bar{B} &= \left\{ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m b(\bar{C}_{ij}) \bar{x}_{ij} \mid \bar{x}_{ij} > 0, i=1, \dots, n, j=1, \dots, m \right\}; \end{aligned}$$

$$\overline{M}_k = \left\{ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m m_k (\overline{C}_{ij}) \overline{x}_{ij} \mid \overline{x}_{ij} > 0, i=1, \dots, n, j=1, \dots, m \right\}, k=1,2;$$

$$\overline{M} = \left\{ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m m (\overline{C}_{ij}) \overline{x}_{ij} \mid \overline{x}_{ij} > 0, i=1, \dots, n, j=1, \dots, m \right\}.$$

Этап проверки плана на оптимальность и при необходимости улучшение плана проводятся на основе метода потенциалов с детерминированными коэффициентами.

Рассмотрим модельный пример построения плана перевозок в условиях изменяющего тарифа.

Стоимости перевозки единицы объема грузов заданы Fuzzy-числами с функциями принадлежности треугольно вида $\mu_x(A) = (a, m, b)$ и представлены в клетках таблицы 1.

Таблица 1.

Исходные данные задачи

	1	2	3	4	A_i
1	(1,5,3)	(3,4,2)	(3,7,4)	(1,2,3)	10
2	(3,6,2)	(1,6,3)	(1,8,3)	(1,4,3)	80
3	(2,4,3)	(3,4,4)	(1,5,2)	(1,6,2)	20
B_j	40	15	42	13	110

Требуемые объемы поставок потребителям и запасы поставщиков заданы соответственно в последней строке и последнем столбце таблицы 1. Необходимо найти наиболее эффективный план перевозок, обеспечивающий наилучшее значение Fuzzy-множества, определяющего суммарные затраты на выполнение плана перевозок. Переопределяем тарифы перевозок по соответствующим формулам, получаем детерминированную задачу:

Таблица 2.

Вычисленные значения

	1	2	3	4	A_i
1	5,67	3,67	7,33	2,23	10
2	5,67	6,14	8,66	4,26	80
3	4,13	4,33	5,13	6,13	20
B_j	40	15	42	13	110

Опорный план, которой

$$\begin{pmatrix} 10 & 0 & 0 & 0 \\ 30 & 15 & 35 & 0 \\ 0 & 0 & 7 & 13 \end{pmatrix}$$

с целевой функцией $F = 737,6$. Нетрудно убедиться, что план является не оптимальным и его можно улучшить за 9 шагов. Оптимальный план перевозок

$$X = \begin{pmatrix} 0 & 10 & 0 & 0 \\ 40 & 5 & 22 & 13 \\ 0 & 0 & 20 & 0 \end{pmatrix}$$

с усредненным значением целевой функции $F = 642,7$.

Решение данной задачи позволяет разработать наиболее рациональные пути и способы транспортирования товаров, устранить чрезмерно дальние, встречные, повторные перевозки. Все это сокращает время продвижения товаров, уменьшает затраты предприятий и фирм, связанные с осуществлением процессов снабжения сырьем, материалами, топливом, оборудованием и т.д. Алгоритм и методы решения транспортной задачи могут быть использованы при решении некоторых экономических задач, не имеющих ничего общего с транспортировкой груза.

Список литературы

1. Агапова Е.Г., Попова Т.М. Задачи коммивояжера при оптимизации маршрутного пути // International Journal of Advanced Studies. 2019. Т. 9, № 4. С. 7-10.
2. Гольштейн Е.Г. Задачи линейного программирования транспортного вида / Гольштейн Е. Г., Юдин Д. Б. М.: Физматгиз, Наука, 1993. 384 с.
3. Зак Ю.А. Fuzzy – регрессионные модели прогнозирования затрат времени и стоимости грузовых автомобильных перевозок // Логистика сегодня. 2015. № 3. С. 162-172.
4. Зак Ю.А. Критерии и методы сравнения нечетких множеств // Системные исследования и информационные технологии. 2013. № 3. С. 58-68.

5. Зак Ю.А. Принятие решений в условиях нечетких и размытых данных: Fuzzy – технологии. М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2013. 352 с.
6. Карманов В.Г. Математическое программирование. М.: Гл. ред. физ.-мат. лит., 1980. 256 с.
7. Орловский С. А. Проблемы принятия решений при нечеткой информации. М.: Наука, 1981. 264 с.
8. Пигнастый О. М. Стохастическая теория производственных систем. Х.: ХНУ им. В. Н. Каразина, 2007. 387 с.
9. Самойленко Н.И. Транспортные системы большой размерности: монография / Н. И. Самойленко, А. А. Кобец, под ред. Н. И. Самойленко. Х.: НТМТ, 2010. 212 с.
10. Холод Н.И. Пособие к решению задач по линейной алгебре и линейному программированию / под ред. В.И. Комлика. Минск: БГУ, 1971. 176 с.
11. Шведов А.С. Нечеткое математическое программирование: краткий обзор // Проблемы управления. 2017. №3. С. 2-10. <http://www.mathnet.ru/links/954fc36fb6bc032ee7b939f0f503ad70/pu1024.pdf>
12. Юдин Д.Б. Математические методы управления в условиях неполной информации. Задачи и методы стохастического программирования. М.: Сов. радио, 1974. 392 с.
13. Ясенин А.В. Нечеткое математическое программирование. Калинин: Калинин. гос. ун-т, 1986. 60 с.
14. Allahviranloo F. Solving fully fuzzy linear programming problem by the ranking function / F. Allahviranloo, H. Lotfi, M.K. Kiani, L. Alizadeh // Applied Mathematical Sciences. 2008. P. 19-32.
15. Bellman R.E. Decision-Making in a Fuzzy Environment / R.E. Bellman, L.A. Zadeh // Management Science. 1970. Vol. 17, Issue 4. P. B-141–B-164. <https://doi.org/10.1287/mnsc.17.4.b141>
16. Raskin L., Sira O. Метод решения нечетких задач математического программирования // Восточно-европейский журнал передовых технологий, ЧП «Технологический центр», Украинская государственная академия железнодорожного транспорта (Харьков). 2016. Т. 5, № 4(83). С. 23-28.

17. Szmidt E. Distances between intuitionistic fuzzy sets / E. Szmidt, J. Kacprzyk // *Fuzzy Sets and Systems*. 2000. Vol. 114, Issue 3. P. 505–518. [https://doi.org/10.1016/s0165-0114\(98\)00244-9](https://doi.org/10.1016/s0165-0114(98)00244-9)
18. Yang M.-S. Fuzzy least-squares linear regression analysis for fuzzy input–output data / M.-S. Yang, T.-S. Lin // *Fuzzy Sets and Systems*. 2002. Vol. 126, Issue 3. P. 389–399. [https://doi.org/10.1016/s0165-114\(01\)00066-5](https://doi.org/10.1016/s0165-114(01)00066-5)

References

1. Agapova E.G., Popova T.M. Zadachi kommvoyazhera pri optimizatsii marshrutnogo puti [Challenges of the traveler in the optimization of the route way]. *International Journal of Advanced Studies*, 2019, vol. 9, no. 4, pp. 7-10.
2. Gol'shteyn E.G., Yudin D.B. Zadachi lineynogo programmirovaniya transportnogo vida [Tasks of linear programming of the transport type]. M.: Fizmatgiz, Nauka, 1993, 384 p.
3. Zak Yu.A. Fuzzy – regressionnye modeli prognozirovaniya zatrat vremeni i stoimosti gruzovykh avtomobil'nykh perevozok [Fuzzy – regression models for predicting the cost of time and cost of freight road transport]. *Logistika segodnya*, 2015, no. 3, pp. 162-172.
4. Zak Yu.A. Kriterii i metody sravneniya nechetkikh mnozhestv [Criteria and methods of comparing fuzzy sets]. *Sistemnye issledovaniya i informatsionnye tekhnologii*, 2013, no. 3, pp. 58-68.
5. Zak Yu.A. *Prinyatie resheniy v usloviyakh nechetkikh i razmytykh daniykh: Fuzzy – tekhnologii* [Decision making in conditions of fuzzy and blurred data: Fuzzy - Technologies]. M.: Knizhnyy dom «LIBRO-KOM», 2013, 352 p.
6. Karmanov V.G. *Matematicheskoe programmirovanie* [Mathematical programming]. M.: Gl. red. fiz.-mat. lit., 1980, 256 p.
7. Orlovskiy S.A. *Problemy prinyatiya resheniy pri nechetkoy informatsii* [Decision making problems in fuzzy information]. M.: Nauka, 1981, 264 p.
8. Pignastyy O.M. *Stokhasticheskaya teoriya proizvodstvennykh sistem* [Stochastic theory of production systems]. Kh.: KhNU im. V. N. Karazina, 2007, 387 p.

9. Samoylenko N.I. *Transportnye sistemy bol'shoy razmernosti: monografiya* [Large dimension transport systems: monograph] / N.I. Samoylenko, A.A. Kobets, ed. N. I. Samoylenko. Kh.: NTMT, 2010, 212 p.
10. Kholod N. I. *Posobie k resheniyu zadach po lineynoy algebre i lineynomu programmirovaniyu* [Manual for solving problems on linear algebra and linear programming] / ed. V.I. Komlik. Minsk: BGU, 1971, 176 p.
11. Shvedov A.S. Nechetkoe matematicheskoe programmirovaniye: kratkiy obzor [Fuzzy Mathematical Programming: Short Overview]. *Problemy upravleniya*, 2017, no. 3, pp. 2-10. <http://www.mathnet.ru/links/954fc36fb6bc032ee7b939f0f503ad70/pu1024.pdf>
12. Yudin D.B. Matematicheskie metody upravleniya v usloviyakh nepolnoy informatsii. Zadachi i metody stokhasticheskogo programmirovaniya [Mathematical management methods in terms of incomplete information. Tasks and methods of stochastic programming]. M.: Sov. radio, 1974, 392 p.
13. Yasinin A.V. *Nechetkoe matematicheskoe programmirovaniye* [Fuzzy mathematical programming]. Kalinin: Kalin. gos. un-t, 1986, 60 p.
14. Allahviranloo F. Solving fully fuzzy linear programming problem by the ranking function / F. Allahviranloo, H. Lotfi, M.K. Kiani, L. Alizadeh. *Applied Mathematical Sciences*, 2008, pp. 19-32.
15. Bellman R.E. Decision-Making in a Fuzzy Environment / R. E. Bellman, L. A. Zadeh. *Management Science*, 1970, vol. 17, no. 4, pp. B-141–B-164. <https://doi.org/10.1287/mnsc.17.4.b141>
16. Raskin L., Sira O. Metod resheniya nechetkikh zadach matematicheskogo programmirovaniya [Method for solving fuzzy problems of mathematical programming]. *Vostochno-evropeyskiy zhurnal peredovykh tekhnologiy*, 2016, vol. 5, no. 4(83), pp. 23-28.
17. Szmidi E. Distances between intuitionistic fuzzy sets / E. Szmidi, J. Kacprzyk. *Fuzzy Sets and Systems*, 2000, vol. 114, no. 3, pp. 505–518. [https://doi.org/10.1016/s0165-0114\(98\)00244-9](https://doi.org/10.1016/s0165-0114(98)00244-9)
18. Yang M.-S. Fuzzy least-squares linear regression analysis for fuzzy input–output data / M.-S. Yang, T.-S. Lin. *Fuzzy Sets and Systems*, 2002, vol. 126, no. 3, pp. 389–399. [https://doi.org/10.1016/s0165-114\(01\)00066-5](https://doi.org/10.1016/s0165-114(01)00066-5)

ДАННЫЕ ОБ АВТОРАХ

Агапова Елена Григорьевна, кандидат физико-математических наук, доцент
Тихоокеанский государственный университет
ул. Тихоокеанская, 136, г. Хабаровск, 680035, Российская Федерация
000614@pnu.edu.ru

Попова Татьяна Михайловна, кандидат физико-математических наук, доцент
Тихоокеанский государственный университет
ул. Тихоокеанская, 136, г. Хабаровск, 680035, Российская Федерация
000511@pnu.edu.ru

DATA ABOUT THE AUTHORS

Elena G. Agapova, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor
Pacific National University
136, Tikhookeanskaya Str., Khabarovsk, 680035, Russian Federation
000614@pnu.edu.ru
ORCID: 0000-0002-2824-6294

Tatyana M. Popova, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor
Pacific National University
136, Tikhookeanskaya Str., Khabarovsk, 680035, Russian Federation
000511@pnu.edu.ru
ORCID: 0000-0003-4759-9500

DOI: 10.12731/2227-930X-2021-11-1-45-58

УДК 004.722

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ КАМНЕДРОБИЛЬНОЙ УСТАНОВКОЙ

*Мясников В.И., Морохин Д.В.,
Иванов А.В., Иванов Р.А.*

Вопросы автоматизации производственных процессов в настоящее время не теряют своей актуальности. Многие существующие устройства и системы работают в ручном или полуавтоматическом режиме, что приводит к известным проблемам. Способы соединения элементов систем управления камнедробильными установками и выбор протоколов передачи сигналов между ними являются достаточно устоявшимися, однако в связи с появлением новых устройств и каналов связи с улучшенными характеристиками вопросы выборов методов и алгоритмов работы подобных систем требуют постоянной модификации. В работе предлагается структура системы управления камнедробильного комплекса. В качестве критерия качества построенной системы используется оценка надежности работы системы при условии выполнения заданных временных ограничений на выполнение основных задач. Элементами новизны представленного решения являются использование оборудования отечественного производства на всех этапах работы системы, а также некоторые решения по выбору каналов связи и протоколов передачи сигналов.

Цель – разработка структуры автоматизированной системы управления камнедробильной установки.

Метод или методология проведения работы: в работе используются методы системного анализа, теории передачи сигналов и теории алгоритмов.

Результаты. Использование представленного решения позволило реализовать более простую и эффективную аппаратную и

программную модели системы управления по сравнению с аналогами, что позволит уменьшить количество отказов различных подсистем камнедробильной установки. Кроме того, были внесены некоторые новые функции, такие как возможность удаленного контроля и обмена данными с программами бухгалтерского учета.

Область применения результатов. *Полученные результаты целесообразно применять производственными субъектами, осуществляющими деятельность, одним из элементов которой являются использование дробильных установок и комплексов.*

Ключевые слова: АСУ; ПЛК; Modbus; Овен; камнедробильная установка; контроллер; дробильного комплекс

AUTOMATED CONTROL SYSTEM FOR STONE CRUSHING PLANT

***Myasnikov V.I., Morokhin D.V.,
Ivanov A.V., Ivanov R.A.***

The issues of automation of production processes are currently not losing their relevance. Many existing devices and systems operate in manual or semi-automatic mode, which leads to known problems. The methods of connecting system elements and the choice of protocols for transmitting signals between them are quite well-established, however, due to the emergence of new devices and communication channels with improved characteristics, the issues of choosing methods and algorithms for the operation of such systems require modification. As a criterion for the quality of the constructed system, an assessment of the reliability of the system is used, provided that the specified time constraints on the performance of the main tasks are met. The elements of novelty of the presented solution are the use of domestically produced equipment at all stages of the system operation, as well as some solutions for the choice of communication channels and signal transmission protocols. Note that the main elements of novelty relate to the software implementation of the system, the description of which

is beyond the scope of this article and is planned to be published in a separate work.

Purpose. *The aim of the work is to develop the structure of an automated control system for a stone crushing plant.*

Methodology. *The work uses the methods of systems analysis, the theory of signal transmission and the theory of algorithms.*

Results. *The use of the presented solution made it possible to implement a simpler and more efficient hardware and software model of the control system, which will reduce the number of failures of various subsystems of the stone crushing plant. In addition, some new features have been introduced, such as the ability to remotely control and receiving data to accounting software.*

Practical implications. *The obtained results are advisable to be applied by production entities carrying out activities, one of the elements of which is the use of crushing plants and complexes.*

Keywords: *ACS; PLC; Modbus; Aries; stone crushing plant; controller; crushing complex*

Введение

Камнедробильные установки, содержащие различных варианты дробилок, грохотов, конвейеров и вспомогательных подсистем, применяются в различных областях производства [20]. Одним из направлений их использования является получение материалов для дорожно-строительных работ [4, 15, 16]. Вопросы автоматизации работы таких комплексов актуальны не только с точки зрения снижения себестоимости процесса дробления, повышения его производительности, но и для минимизации влияния человеческого фактора на работоспособность установок, улучшения условий труда, улучшения экономических показателей [1, 8, 17].

На рис. 1 приведена схема дробильного комплекса, где на стадии дробления используется центробежно-ударная дробилка [19]. К вспомогательному оборудованию относятся: питатель, семь конвейеров; два грохота, а также магнит и водяной насос. Питатели и грохота комплектуются вибраторами. Кроме того, используются

различные датчики (веса, скорости и т.д.) и исполнительные механизмы (устройства аварийного отключения, устройства управления нагрузкой двигателей и т.д.).

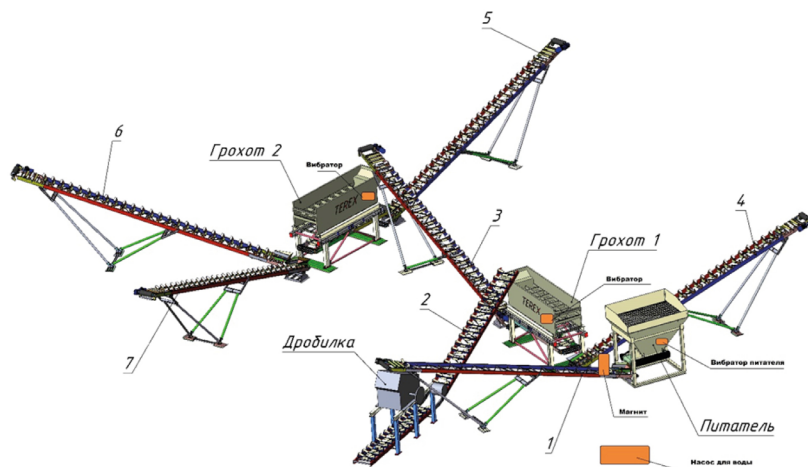


Рис. 1. Схема дробильно-сортировочной линии

Оборудования системы управления:

Для построения системы управления дробильной установкой используется следующее оборудование:

- Программируемый логический контроллер ОВЕН ПЛК110-60[M02]
- Сенсорная панель оператора ОВЕН СП315
- Модуль аналогового ввода с универсальными входами ОВЕН МВ110-101
- Преобразователь частоты ОВЕН ПЧВ102-2К2
- Сетевой шлюз для доступа к сервису Owen Cloud ПМ210-24
- Блок питания ОВЕН БП60К для контроллера и панели
- Блок питания ОВЕН БП60Б-Д4-24 для периферийных устройств

Как видно из перечня, используется оборудование отечественного производителя ОВЕН [5]. Данное оборудование опробовано

во многих подобных системах и является одним из лучших по соотношению цена-качество. Несомненно, существуют системы и элементы других производителей [7, 10, 21], но их сравнение и выбор не являлись задачей разработчиков, так как перечень оборудования в данном проекте определяется заказчиком.

Структура системы управления

В общем, структура системы управления имеет следующий вид (рис. 2).

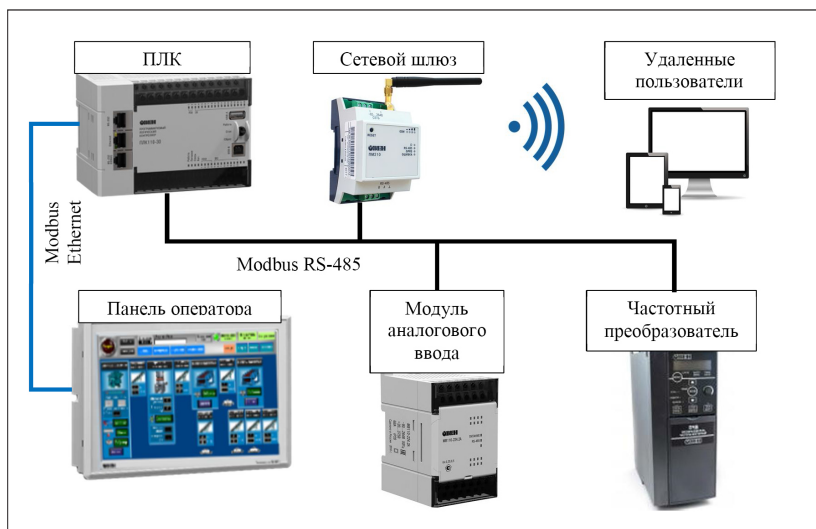


Рис. 2. Структура системы управления

Основным обработчиком информации в системе является ПЛК110-60[М02] [11]. Он производит обработку сигналов от агрегатов системы, поступающих на собственные дискретные входы и аналоговые входы модуля аналогового ввода [9]. Также он выдает управляющие сигналы на собственные дискретные выходы и частотный преобразователь [10], задающий обороты двигателя конвейера питателя. Основным средством взаимодействия с оператором является панель оператора СП315 [11]. Кроме того, для

удаленного контроля и управления используется сетевой шлюз [12]. Вся обработка ввода и вывод данных также является функцией ПЛК [6, 14].

Отметим, что для передачи сигналов внутри системы используются различные среды. Большинство устройств подключены по двухпроводному кабелю и технологии RS-485. Панель оператора связана с контроллером по кабелю Ethernet. Это разделение, кроме удобства подключения, связано с организацией обмена. В связке ПЛК – панель оператора панель является мастером протокола Modbus, а для остальных устройств мастером является ПЛК.

Подобное деление позволяет контроллеру в реальном времени реагировать на изменения состояния управляющих элементов панели. Если панель работает в режиме slave, то ПЛК вынужден отслеживать состояние панели через заданные временные промежутки (poll time) либо изменения значений (value). Это может вызывать задержки, влекущие за собой неоднозначность интерпретации введенных данных. Например, быстрое двойное нажатие кнопки может обработаться как одинарное, что приведет к рассогласованию состояния панели и соответствующих данных ПЛК.

Если же панель находится в режиме мастер (master), то все изменения непосредственно вызывают обновление регистров ПЛК и, соответственно, обрабатываются программой.

Для остальных элементов системы такой режим необязателен (и сложно реализуем при заданных условиях), так как они работают либо только в режиме чтения, либо в режиме записи.

Также в системе работает сетевой шлюз, обеспечивающий связь по радиоканалу (технология GPRS) с внешними пользователями для удаленного мониторинга, управления и сбора статистики.

Интерфейс пользователя

По согласованию с заказчиком был разработан интерфейс пользователя, реализованный на панели оператора СП315 [18] (рис. 3).

Реализованы два основных режима работы: «Работа» и «Наладка». Их основное отличие в том, что режим «Наладка» позволяет

включить оборудование в любой последовательности. Режим «Работа» определяет четкую последовательность включения агрегатов. Согласно техническому заданию, очередной агрегат должен включаться не автоматически, а при нажатии кнопки запуска оператором, если подошла очередь согласно порядку включения. При этом, если через заданный промежуток времени не будет получен сигнал, подтверждающий запуск агрегата, система переходит в состояние ошибки. Далее, в зависимости от заданных условий, система останавливается полностью, либо частично.

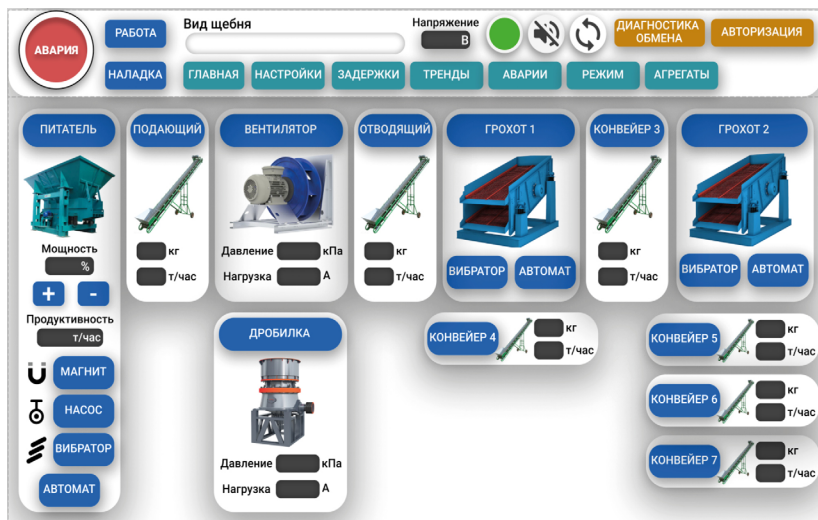


Рис. 3. Главный экран системы управления

Очередной агрегат для запуска помечается определенной подсветкой. Некоторые элементы могут включаться независимо от других после полного запуска системы. Например, насос, вибраторы, магнит и т.п. Вибраторы также могут работать в автоматическом режиме, включаясь через заданные периоды времени.

Кроме того, на экран выводится информация, полученная с датчиков системы, таких как подтверждение работы агрегата, текущие данные по нагрузке, производительности и т.п.

Вспомогательные окна дают возможность выполнить дополнительные настройки (задержек, критических значений, ...) или просмотреть заданную статистику по работе системы и ошибкам.

Также предусмотрена защита некоторых режимов и данных посредством паролей.

В качестве дополнительной возможности работы с системой, особенно при настройке и возникновении неисправностей, органы управления дублируются в системе программирования, через интерфейс Codesys HMI (система исполнения визуализаций) [2].

В этом режиме появляются дополнительные возможности по настройке оборудования, калибровке агрегатов и другие сервисные функции.

Выводы

Таким образом, в статье описана структура разработанной системы управления камнедробильной установкой. Её основными особенностями являются использование отечественной аппаратной базы и разделение устройств по группам с различными протоколами и форматами обмена.

Наиболее интересные и новые решения имеет программная часть системы. Ее описание будет выполнено в отдельной статье. Некоторые особенности отражены в работе [3].

Данная структура была опробована на объекте в тестовом режиме и показала свою работоспособность. После проведения испытаний в реальном режиме работы будет проведена ее оценка и, при необходимости, доработка. Также планируется публикация практических результатов внедрения системы.

Еще одним важным результатом можно считать возможность использования результатов работы в учебном процессе как на строительных направлениях подготовки, например 08.03.01 Автомобильные дороги, так и на информационных, таких как 09.03.01 Информатика и вычислительная техника, 27.03.04 Управление и информатика в технических системах.

Список литературы

1. Банников Е.В. Использование ПЛК в промышленности // International scientific review of the problems and prospects of modern science and education. 2019. №LV. С. 25-28.
2. Визуализация CodeSys. Дополнение к руководству пользователя по программированию ПЛК в CodeSys 2.3. 3S – Smart Software Solutions GmbH Memminger Straße 151, 2008.
3. Иванов А.В., Иванов Р.А., Мясников В.И. Особенности визуализации в Codesys 2.3 // Инженерные кадры – будущее инновационной экономики России: материалы VI Всероссийской студенческой конференции (Йошкар-Ола, 10-13 ноября 2020 г.): Часть 4: Информационные технологии – основа стратегического прорыва в современной промышленности. Йошкар-Ола: Поволжский государственный технологический университет, 2020. 217 с.
4. Калмыков Б.М., Васильев Ю.Г. Автоматизация управления дорожно-строительным предприятием // Вестник ЧГУ. 2005. №2. С. 205-211.
5. Компания ОВЕН. <https://owen.ru>
6. Максимычев О.И. Программирование логических контроллеров (PLC): учеб. пособие / О.И. Максимычев, А.В. Либенко, В.А. Виноградов. М.: МАДИ, 2016. 188 с.
7. Минаев И.Г. Программируемые логические контроллеры. Практическое руководство для начинающего инженера / И. Г. Минаев, В. В. Самойленко. Ставрополь: АГРУС, 2009. 100 с.
8. Минаев И.Г. Свободно программируемые устройства в автоматизированных системах управления / И.Г. Минаев, В.В. Самойленко, Д.Г. Ушкур, И.В. Федоренко. Ставрополь: АГРУС. 2016. 168 с.
9. Модули аналогового ввода с универсальными входами (с интерфейсом RS-485) MB110. https://owen.ru/product/moduli_analogovogo_vvoda_s_universal_nimi_vhodami_s_interfejsom_rs_485
10. Мустаев А.Ф. Сравнительный анализ рыночных моделей ПЛК // Электрооборудование: эксплуатация и ремонт. 2020. № 11. С. 44-46.
11. ПЛК110 [M02] контроллер для средних систем автоматизации с DI/DO (обновленный). https://owen.ru/product/plk110_m02

12. ПМ210 сетевой шлюз для доступа к сервису OwenCloud RS-485. <https://owen.ru/product/pm210>
13. ПЧВ2 преобразователь частоты. https://owen.ru/product/preobrazovatel_chastoti_oven_pchv1_i_pchv2
14. Руководство пользователя по программированию ПЛК в CoDeSys 2.3. 3S Smart Software Solutions GmbH Memminger Straße. 151, 2008.
15. Салихов М.Г. Проектирование и организация работ на асфальтобетонных и цементобетонных заводах Методические указания к выполнению курсовой работы. Йошкар-Ола: ПГТУ, 2014. 20 с.
16. Салихов М.Г. Проектирование и организация работы карьера, камнедробильного, асфальтобетонного и цементобетонного заводов: учебное пособие. Йошкар-Ола: Поволжский государственный технологический университет, 2016. 60 с.
17. СП 12-136-2002 «Решения по охране труда и промышленной безопасности в проектах организации строительства и проектах производства работ».
18. СПЗхх сенсорные панели оператора. <https://owen.ru/product/sp3xx>.
19. Центробежное устройство дробления (ЦУД) – 1600. <http://drobtehmarsh.ru/tsentrobezhnoye-ustroystvo-drobleniya-tsud-1600>
20. Чебан А.Ю., Хрунина Н.П. Классификация дробильных установок и технологических схем их применения при переработке строительных горных пород // Системы. Методы. Технологии. 2016. №1. С. 98-103.
21. Щербаков К.С., Щербаков С.А., Кочегуров А.И. Разработка встроенного программного обеспечения для программируемых логических контроллеров, используемых в области промышленной автоматизации // Известия ТПУ. 2009. №5. С. 28-32.

References

1. Bannikov E.V. Ispol'zovanie PLK v promyshlennosti [PLC use in industry]. *International scientific review of the problems and prospects of modern science and education*, 2019, №LV, pp. 25-28.

2. Vizualizatsiya CodeSys. Dopolnenie k rukovodstvu pol'zovatelya po programmirovaniyu PLK v CodeSys 2.3. 3S – Smart Software Solutions GmbH Memminger Straße 151, 2008.
3. Ivanov A.V., Ivanov R.A., Myasnikov V.I. Osobennosti vizualizatsii v Codesys 2.3 [Features of visualization in Codesys 2.3]. *Inzhenernye kadry – budushchee innovatsionnoy ekonomiki Rossii: materialy VI Vserossiyskoy studencheskoy konferentsii (Yoshkar-Ola, 10-13 noyabrya 2020 g.): Chast' 4: Informatsionnye tekhnologii – osnova strategicheskogo proryva v sovremennoy promyshlennosti* [Engineering personnel - the future of the innovative economy of Russia: materials of the VI All-Russian student conference (Yoshkar-Ola, November 10-13, 2020): Part 4: Information technology - the basis of a strategic breakthrough in modern industry]. Yoshkar-Ola: Volga State Technological University, 2020, 217 p.
4. Kalmykov B.M., Vasil'ev Yu.G. Avtomatizatsiya upravleniya dorozhno-stroitel'nym predpriyatiem [Automation of management of a road-building enterprise]. *Vestnik ChGU*, 2005, no. 2, pp. 205-211.
5. OVEN company. <https://owen.ru>
6. Maksimychiev O.I., Libenko A.V., Vinogradov V.A. *Programmirovaniye logicheskikh kontrollerov (PLC)* [Programming logic controllers (PLC)]. M.: MADI, 2016, 188 p.
7. Minaev I.G., Samoylenko V.V. *Programmiruemye logicheskie kontrollery. Prakticheskoe rukovodstvo dlya nachinayushchego inzhenera* [Programmable logic controllers. A practical guide for a novice engineer]. Stavropol': AGRUS, 2009, 100 p.
8. Minaev I.G., Samoylenko V.V., Ushkur D.G., Fedorenko I.V. *Svobodno programmiruemye ustroystva v avtomatizirovannykh sistemakh upravleniya* [Freely programmable devices in automated control systems]. Stavropol': AGRUS, 2016, 168 p.
9. Modules of analog input with universal inputs (with RS-485 interface) MV110. https://owen.ru/product/moduli_analogovogo_vvoda_s_universal_nimi_vhodami_s_interfejsom_rs_485
10. Mustaeв A.F. Sravnitel'nyy analiz rynochnykh modeley PLK [Comparative analysis of PLC market models]. *Elektrooborudovanie: eksploatatsiya i remont*, 2020, no. 11, pp. 44-46.

11. PLC110 [M02] controller for medium automation systems with DI/DO (updated). https://owen.ru/product/plk110_m02
12. PM210 setevoy shlyuz dlya dostupa k servisu OwenCloud RS-485. <https://owen.ru/product/pm210>
13. PChV2 frequency converte. https://owen.ru/product/preobrazovatel_chastoti_oven_pchv1_i_pchv2
14. User manual for PLC programming in CoDeSys 2.3. 3S Smart Software Solutions GmbH Memminger Straße. 151, 2008.
15. Salikhov M.G. *Proektirovanie i organizatsiya rabot na asfal'tobetonnykh i tsementobetonnykh zavodakh Metodicheskie ukazaniya k vypolneniyu kursovoy raboty* [Design and organization of work at asphalt and cement concrete plants Methodical instructions for the implementation of term paper]. Yoshkar-Ola: PSTU, 2014, 20 p.
16. Salikhov M.G. *Proektirovanie i organizatsiya raboty kar'era, kamnedrobil'nogo, asfal'tobetonno i tsementobetonno zavodov: uchebnoe posobie* [Design and organization of work of a quarry, stone crushing, asphalt and cement concrete plants: a tutorial]. Yoshkar-Ola: Volga State Technological University, 2016, 60 p.
17. SP 12-136-2002 "Solutions for labor protection and industrial safety in construction management projects and work production projects".
18. SP3xx touchscreen operator panels. <https://owen.ru/product/sp3xx>.
19. Centrifugal crushing device – 1600. <http://drobtehmash.ru/tsentrobeznoye-ustroystvo-drobleniya-tsud-1600>
20. Cheban A.Yu., Khrunina N.P. Klassifikatsiya drobil'nykh ustanovok i tekhnologicheskikh skhem ikh primeneniya pri pererabotke stroitel'nykh gornykh porod [Classification of crushing plants and technological schemes of their use in the processing of building rocks]. *Sistemy. Metody. Tekhnologii*, 2016, no. 1, pp. 98-103.
21. Shcherbakov K.S., Shcherbakov S.A., Kochegurov A.I. Razrabotka vstroennogo programmnogo obespecheniya dlya programmiruemyykh logicheskikh kontrollerov, ispol'zuemykh v oblasti promyshlennoy avtomatizatsii [Development of embedded software for programmable logic controllers used in the field of industrial automation]. *Izvestiya TPU*, 2009, no. 5, pp. 28-32.

ДАННЫЕ ОБ АВТОРАХ

Мясников Владимир Иванович, доцент кафедры Информационно-вычислительных систем, кандидат технических наук
ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет»

*Площадь Ленина, 3, г. Йошкар-Ола, Республика Марий Эл,
424000, Российская Федерация
MyasnikovVI@volgatech.net*

Морохин Дмитрий Витальевич, заведующий кафедрой ИВС,
кандидат технических наук

ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет»

*Площадь Ленина, 3, г. Йошкар-Ола, Республика Марий Эл,
424000, Российская Федерация
dvmitry@mail.ru*

Иванов Артем Владимирович, студент группы ИВТ-21

ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет»

*Площадь Ленина, 3, г. Йошкар-Ола, Республика Марий Эл,
424000, Российская Федерация
wladimirovichai@gmail.com*

Иванов Роман Андреевич, студент группы ИВТ-21

ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет»

*Площадь Ленина, 3, г. Йошкар-Ола, Республика Марий Эл,
424000, Российская Федерация
verdenum@gmail.com*

DATA ABOUT THE AUTHORS

Vladimir I. Myasnikov, Associate Professor of the Department of IVS
with the title of Associate Professor
Volga State Technological University

3, Lenin Square, Yoshkar-Ola, Mari El, 424000, Russian Federation

MyasnikovVI@marstu.net

Dmitry V. Morokhin, Head of the Department of IVS with the title of Associate Professor

Volga State Technological University

3, Lenin Square, Yoshkar-Ola, Mari El, 424000, Russian Federation

dymitry@mail.ru

Artem V. Ivanov, student

Volga State Technological University

3, Lenin Square, Yoshkar-Ola, Mari El, 424000, Russian Federation

wladimirovichai@gmail.com

Roman A. Ivanov, student

Volga State Technological University

3, Lenin Square, Yoshkar-Ola, Mari El, 424000, Russian Federation

verdenum@gmail.com

DOI: 10.12731/2227-930X-2021-11-1-59-76

УДК 624.145.72

МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ ГЛУБИНЫ ЛЕДОВОЙ АБРАЗИИ ПОВЕРХНОСТИ БЕТОННЫХ ОБРАЗЦОВ

***Анохин П.В., Беккер А.Т., Уварова Т.Э.,
Зверев А.А., Беляева Т.Д.***

Шельф мирового океана богат запасами углеводородного сырья. Большая часть шельфа России приходится на моря арктического и дальневосточного бассейнов, где при проектировании морских ледостойких платформ, грузовых терминалов и портов, необходимо учитывать суровые климатические условия районов строительства и уделять особое внимание нагрузкам и воздействиям от дрейфующего ледяного покрова. Результатом взаимодействия дрейфующих ледяных полей с гидротехническими сооружениями является абразивный износ поверхности конструкции (бетона). Проблема ледовой абразии строительных материалов привлекает к себе повышенное внимание ученых многих стран. В рамках исследования данного явления проводится множество экспериментов, где методика измерения глубины ледовой абразии может внести значительную погрешность в результаты эксперимента, что способствует необходимости применения новых методов измерения и совершенствования существующих. Так, в Норвежском университете естественных и технических наук за всё время экспериментальных исследований применялась обработка с помощью цифрового микрометра Mitutoyo Corp. 543-270B, 3D оптическим световым сканером ATOS III SO и лазерным сканнером. В Дальневосточном федеральном университете измерения проводились с помощью микрометрического индикатора часового типа (ИЧ) ГОСТ 577-68 (2002) и цифрового микрометра. В статье приведено описание методов измерения глубины ледовой абразии и даны характеристики измерительного оборудования,

предложен метод измерения глубины ледовой абразии с применением оборудования с числовым программным управлением.

Ключевые слова: ледовая абразия бетона; абразия; методы измерения; истирание

METHODS FOR MEASURING THE DEPTH OF ICE ABRASIA ON THE SURFACE OF CONCRETE SAMPLES

***Anohin P.V., Bekker A.T., Uvarova T.E.,
Zverev A.A., Belyaeva T.D.***

The shelf of the world ocean is rich in hydrocarbon reserves. Most of the Russian shelf is located in the Arctic and Far Eastern seas, where the harsh climatic conditions of the construction areas must be taken into account when designing offshore ice-resistant platforms, cargo terminals and ports, and designers must pay special attention to the loads and impacts from the drifting ice cover. The result of the interaction of drifting ice fields with hydraulic structures is the abrasive wear of the structure surface (concrete). The problem of ice abrasion of building materials attracts the attention of scientists in many countries. As part of the study of this phenomenon, many experiments are conducted, where the method of measuring the ice abrasion depth may bring a significant error in the results of the experiment, which contributes to the need to apply new measurement methods and improve existing ones. For example, at the Norwegian University of Natural and Technical Sciences, Mitutoyo Corp. digital micrometer; 3D optical light scanner ATOS III SO and laser scanner processing were used throughout the experimental studies. At the Far Eastern Federal University, measurements were carried out using a micrometer watch type indicator (WTI) GOST 577-68 (2002) and a digital micrometer. The article describes the methods of measuring the ice abrasion depth and gives the characteristics of measuring equipment, a method for measuring the of ice abrasion depth with numerical control equipment is proposed.

Keywords: concrete ice abrasion; abrasion; measuring methods; wear

Введение

В последние годы проблема ледовых истирающих воздействий активно изучается, это обусловлено необходимостью освоения арктического шельфа как с целью добычи углеводородного сырья, так и с целью строительства новых портов и грузовых терминалов для отгрузки и транспортировки этого сырья потребителю. Проектирование, строительство и эксплуатация гидротехнических сооружений в арктических условиях связано с конструированием бетонов повышенной износостойкости. Для этого тщательно изучают процессы ледовой абразии этих бетонов на специально разработанных для этой цели установках [1], [3], [5, с. 183].

В нормативной литературе отсутствуют требования к износостойкости материала, подверженному процессу истирания, что обусловлено сложностью процессов разрушения льда при взаимодействии с сооружением и многообразием характеристик льда.

Целью работы является предложить метод определения глубины ледовой абразии бетона, который должен быть экономичным, простым в применении, малозатратным по времени и обладал достаточной степенью точности измерения.

Для достижения поставленной цели был выполнен литературный обзор методик измерения глубины ледовой абразии. На основании сравнительного анализа существующих методик был разработан новый метод, удовлетворяющий вышеописанным критериям.

Обзор существующих методов определения глубины ледовой абразии бетона

В статье сравниваются методы измерения глубины ледовой абразии двух научных школ Дальневосточного федерального университета, Россия и Норвежского университета естественных и технических наук, Норвегия, которые принимают активное участие в изучении этого явления и представляют подробные отчеты по использованным методикам и результатам экспериментов.

В России основные экспериментальные исследования сосредоточены в лаборатории МНОЦ «Арктика» Дальневосточного фе-

дерального университета. В начале исследований для измерения глубины ледовой абразии использовалась установка [2], [6, с. 73], состоящая из координатного стола, прикрепленного к массивной базе, штатива и индикатора часового типа (рисунок 1).

Координатный стол состоит из верхнего и нижнего стола, которые могут перемещаться во взаимно-перпендикулярных направлениях и снабжены линейками для измерений перемещений. Верхний стол с болтами для фиксации образца прикреплен к нижнему столу, а нижний стол – к базе, на которой в определенном положении закреплен штатив с индикатором, и это положение остается постоянным для определения индикатором условного нуля в точке отсчета. Индикатор часового типа изготовлен по ГОСТ 577-68, имеет цену деления 0,01 мм, ход его измерительной иглы составляет 1 см, погрешность всего прибора – 0,005 мм, а погрешность измерений – 0,05 мм.

С помощью линеек устанавливается точка отсчета условного нуля, затем на верхнем столе устанавливается образец и фиксируется по трем точкам. Измерительную иглу опускают на поверхность измерения и устанавливают шкалу индикатора на ноль.



Рис. 1. Измерительная установка с индикатором часового типа



Рис. 2. Фото измерения образца индикатором часового типа

Когда начальное положение установлено, начинается измерение: иглу индикатора приподнимают и перемещают бетонный образец по осям X и Y с помощью вращения ручек. Измерение проводят дважды – до и после истирания, используя схему с положением 168 точек и направлением движения иглы индикатора (рисунки 3 и 4).

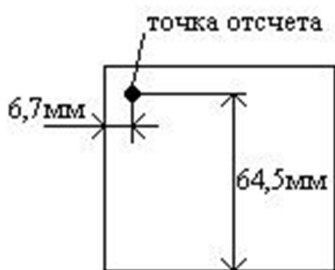


Рис. 3. Точка отсчета иглы индикатора

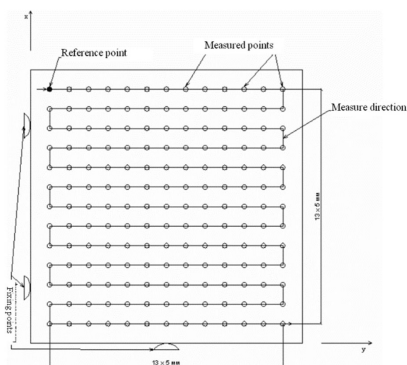


Рис. 4. Положение измеряемых точек и направление хода измерений

После измерения поверхности в программе SURFER строилось изображение истертой поверхности бетонного образца по трем координатам точек поверхности (рисунок 5) [2], [4].

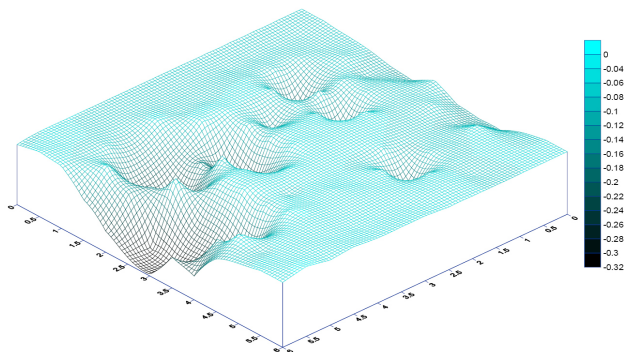


Рис. 5. Пример изображения истертой поверхности, построенного в SURFER [2]

В Норвегии в начале 2010-х годов для измерения ледовой абразии использовался метод с использованием цифрового микрометра Mitutoyo Corp. 543-270B с разрешением 0,001 мм и указанной точностью 0,003 мм [9], [10], [7, с. 31]. На координатной сетке, разработанной для данного метода, располагалось 110 точек, как указано на рисунке 6.

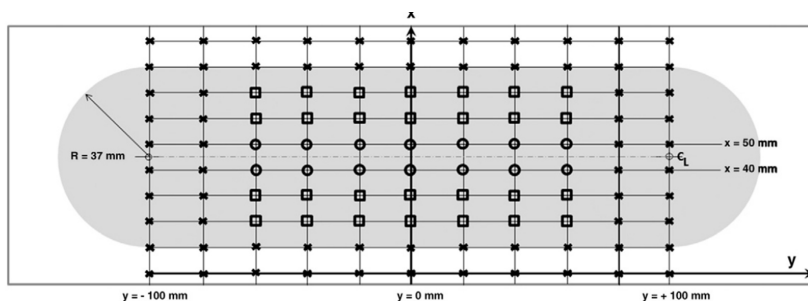


Рис. 6. Распределение точек для измерения глубины ледовой абразии [9], [10]

Глубина истирания измерялась в общей сложности трижды для каждого образца. Точки измерения по линиям $x=0 \text{ мм}$ и $x=90 \text{ мм}$ располагались вне зоны воздействия льда и служили исходными точками для измерений абразивного износа. Чтобы избежать воздействия со стороны участков бетонного образца с низкой подверженностью абразии (их наличие обусловлено спецификой экспериментального оборудования, которое описывается в [9]), в качестве основы для оценки скорости истирания были выбраны две подгруппы точек измерения, а именно измерения, помеченные символами □ и ○.

С продолжением экспериментальных исследований требовалось совершенствовать оборудование для получения более полной информации об истертой поверхности бетона, для чего был использован 3D оптический световой сканер ATOS III SO (рисунок 7), который позволял получать цифровые изображения бетонных образцов [7, с. 29], [15], [8]. Он оснащен двумя фотокамерами и проектором, расстояние между фотокамерами было необходимо

для создания трёхмерного изображения. Шаг между точками измерения для этого сканнера составлял 0,05 мм, а для последующей интерполяционной обработки применялось программное обеспечение ATOS и GOM Inspect.

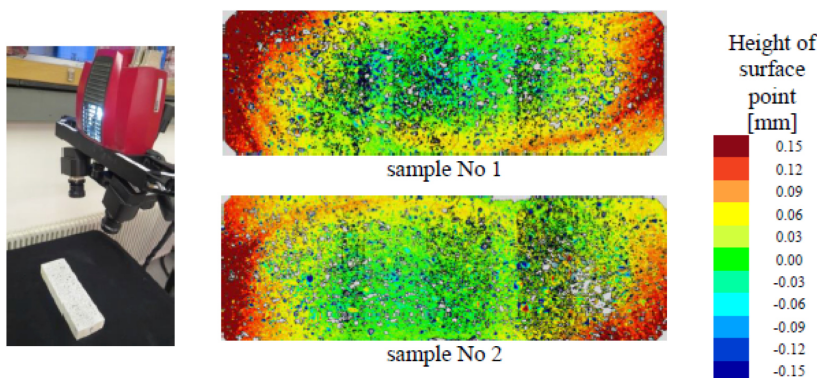


Рис. 7. 3D оптический световой сканер ATOS III SO [15]

Лазерный сканнер с высоким разрешением стал следующим шагом в изучении ледовой абразии (рисунок 8). Лазерный сканер представляет собой комбинацию лазерного датчика, системы линейного перемещения с компьютерным управлением и системы сбора данных, обработки сигналов, обработки данных и графического представления [11], [12], [13], [14]. Лазер движется по образцу в виде «змейки» с разрешением – 0,01 мм, расстояние между точками измерения составляет 50 мкм в направлении оси Y, а расстояние между полосами измерения в направлении оси X – 1 мм. Скорость перемещения лазерного сенсора составляла 10 мм/с. Поверхность измерения бетонного образца представляет собой матрицу с общим количеством точек 570 000. Выходные данные составляют значения высоты точек поверхности (в направлении оси Z) вдоль всего пути сканирования образца. В течение всего процесса сканирования движение лазера выходит за пределы сканируемой поверхности для устранения влияния ускорения, торможения или поворота лазерного датчика.

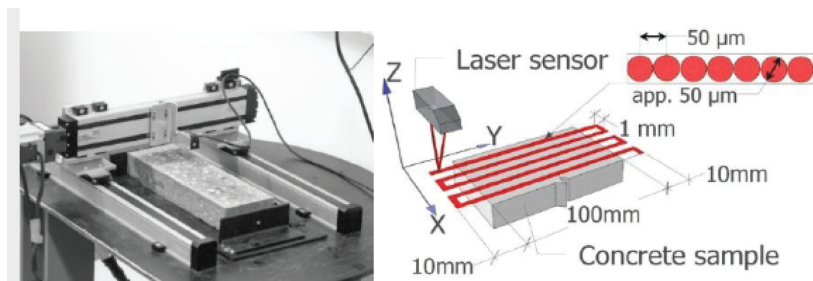


Рис. 8. Лазерный сканнер: фото и упрощенная схема процесса измерения [12]

Сравнительный анализ

Перечисленные выше методы (таблица 1) имеют свои преимущества и недостатки.

Например, обработка данных с помощью индикатора часового типа оказалась очень сложной, требовала большого количества времени на измерение, а присутствие человеческого фактора значительно увеличивало погрешность измерений. В Норвежском университете естественных и технических наук механическая обработка данных с помощью цифрового микрометра Mitutoyo Corp. 543-270B применялась параллельно с 3D оптическим сканером ATOS III SO для улучшения качества результатов. Однако механический метод обработки уменьшал точность полученных измерений, требовал большого количества времени. После сравнения цифрового датчика и оптического сканера и хорошей согласованности полученных результатов, было решено в дальнейшем отказаться от механического метода.

Однако на изображениях бетонной поверхности, полученных оптическим сканером, были выявлены «черные точки» – не захваченные устройством зоны. Для устранения этих пропущенных зон нужно было проводить повторную съемку бетонной поверхности (1-2 раза) и последующую интерполяционную обработку в программе GOM Inspect. Эти дополнительные меры увеличивали время проведения измерений глубины ледовой

абразии, поэтому в дальнейшем измерения выполнялись на лазерном сканере.

Он обладал большими преимуществами по сравнению с предыдущим оборудованием, специально для него было разработано программное обеспечение для контроля работы сканера и обработки данных. Такой метод может оказаться очень дорогим для исследователей.

Таблица 1.

Сравнительная таблица для методов измерения ледовой абразии

Устройство	Индикатор часового типа ГОСТ 577-68	Mitutoyo Corp. 543-270B	3D оптический световой сканер ATOS III SO	Лазерный сканер
Метод	Механический	Механический	Автоматический	Автоматический
Дополнительное программное обеспечение	Не требуется (ручная обработка)	Не требуется (ручная обработка)	Требуется (ATOS, GOM Inspect)	Требуется (специально разработанное НТНУ)
Количество точек поверхности	168	110	Около 3 300 000	570 000
Точность прибора	0,005 мм	0,003 мм	0,05 мм	0,01 мм

В рамках экспериментальных исследований в Дальневосточном федеральном университете была разработана методика измерения глубины ледовой абразии с применением оборудования с числовым программным управлением (ЧПУ).

Оборудование состоит из измерительной машины, датчика измерения и устройства фиксации образца. Измерительная машина (рисунок 9) представляет собой координатный станок с числовым программным управлением и автоматически перемещает датчик измерения. Датчик измерения (рисунок 10) – цифровой микрометр с погрешностью 0,003 мм, погрешность измерительной машины – 0,05 мм.

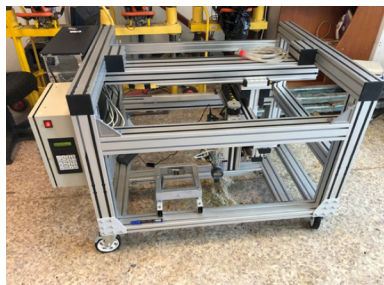


Рис. 9. Общий вид измерительного оборудования

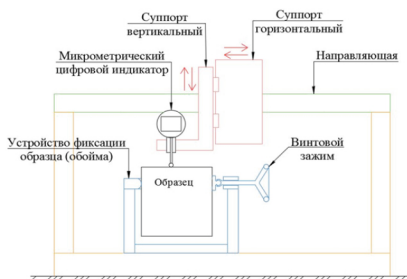


Рис. 10. Схема измерительного оборудования

Бетонный образец фиксируется на установке с помощью устройства фиксации, чтобы фиксировать образец и уменьшить погрешность в горизонтальном направлении. Область измерения ограничивается размерами 131 мм 141 мм и содержит 2160 точек. Исходное положение, откуда начинает двигаться цифровой датчик, помечается пометкой на поверхности – маркером, при этом на образце может быть от 1 до 6 маркеров одновременно (рисунок 11). Результирующая погрешность каждого измерения составляет 0,003 мм.

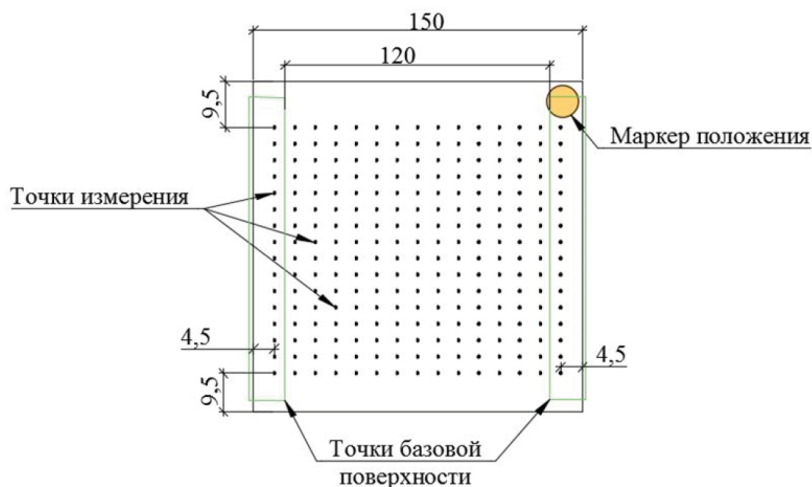


Рис. 11. Область измерения поверхности

Для обработки данных, полученных в результате измерений, используется программное обеспечение Microsoft Office, MathCAD и MATLAB. В MathCAD решается проблема смещения бетонного образца в вертикальном направлении при установке его на измерительное оборудование. Для этого используется привязка плоскости измерения к базовой плоскости, которая создается через точки поверхности, свободных от погрешности, и уравнивания плоскости.

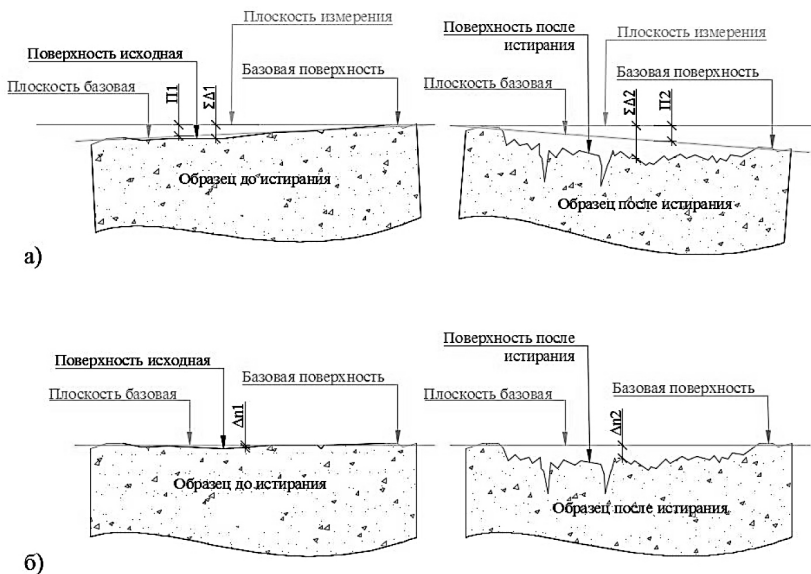


Рис. 12. Измеряемая поверхность образца а) до привязки к базовой поверхности б) после привязки к базовой поверхности

Разница между плоскостью измерения и базовой плоскостью – ошибка, которую определяет погрешность процесса измерения. На рисунке 12 показаны отклонения положения образца «П1» и «П2», «П1» – до начала истирания, «П2» – после. Обычно ошибка измерения состоит из вертикального смещения образца и его наклона, то есть, из постоянной и переменной составляющей. Корректировка измерений каждой точки на величины «П1» и «П2» позволяет получить данные, свободные от погрешности:

$$\begin{cases} \Delta n1_i = \Sigma \Delta 1_i - \Pi 1_i \\ \Delta n2_i = \Sigma \Delta 2_i - \Pi 2_i \end{cases} \quad (1)$$

где $\Delta n1$ и $\Delta n2$ – значения отклонения поверхности до и после истирания образца, $\Sigma n1$ и $\Sigma n2$ – результаты измерения глубины ледовой абразии до и после эксперимента.

Уравнение, приведенное к общей базе измерения, примет вид:

$$\Delta_{cp} = \frac{1}{N} \times \sum_{i=0}^N (\Delta n1_i - \Delta n2_i). \quad (2)$$

где N – количество точек на поверхности.

Обработка и подготовка данных для дальнейшего использования проводится в MathCAD с последующим сохранением массива значений результатов измерений в формате Excel. Первоначальная оценка результатов истирания проводится по изображениям, построенным в электронных таблицах, и представляет собой поле точек, где цветом обозначается глубина истёртой поверхности (рисунок 13).

MATLAB используется для написания кода, который подробно обрабатывает файлы с измерениями поверхности и выдает общую таблицу с результатами по глубине ледовой абразии и исходными данными для каждого образца соответственно. Для удобства в этой программе прописывается дополнительный код для выведения изображения истертой поверхности бетонного образца (рисунок 14).

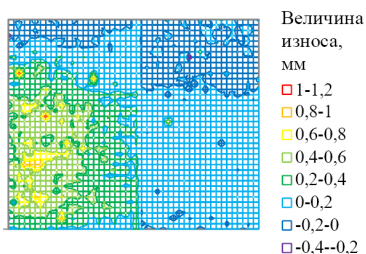


Рис. 13. Изображение истертой поверхности в Microsoft Excel

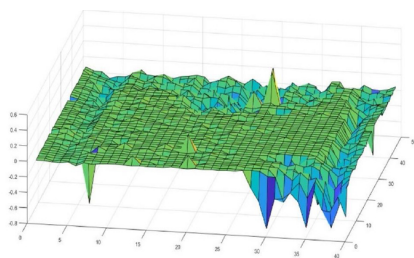


Рис. 14. Изображение истертой поверхности в MATLAB

Выводы

Несмотря на дополнительное использование специально разработанных программ для обработки экспериментальных данных, метод с использованием устройства с ЧПУ является экономически

оптимальным решением. Во-первых, перечисленные программы широко используются в различных организациях. Во-вторых, коды в MATLAB и в MathCAD пишутся однократно, далее обработка от получения файлов с измерительного оборудования до конечной результирующей таблицы занимает около 5 минут. Всё это делает предложенную методику достаточно простой, легко воспроизводимой, понятной. Дополнительным преимуществом является невысокая стоимость оборудования и минимизация времени проведения измерений.

Методика представляет собой законченный комплекс программного обеспечения и оборудования для измерения глубины ледовой абразии поверхности образцов и была апробирована в процессе проведения экспериментальных исследований по истиранию бетона льдом [6].

Список литературы

1. Bekker A.T., Uvarova T.E., Pomnikov E.E. Calculation of ice abrasion for the lighthouses installed in the Gulf of Bothnia // Proceedings of the 21-th International Offshore and Polar Engineering Conference. Montréal, Canada, 2011, pp. 273-281.
2. Bekker A.T., Uvarova T.E., Pomnikov E.E., Farafonov A.E., Prytkov I.G., Tyutrin R.S. Experimental Study of Concrete Resistance to Ice Abrasion // Proceedings of the 21-th International Offshore and Polar Engineering Conference Maui, Hawaii, 2011, pp. 1044-1047
3. Jacobsen S., Kim L.V., Pomnikov E.E. Concrete Destructure due to Ice-Indentation Pore Pressure // Proceedings of the 21-th International Offshore and Polar Engineering Conference. Rhodes, Greece, June 17–22, 2012, pp. 1258-1263.
4. Jacobsen S., Bekker A.T., Uvarova T.E., Pomnikov E.E., Kim L.V., Fosså K.T., Concrete Ice Abrasion: Deterioration Mechanisms, Testing and Modeling // Proceedings ICDC 2012 International Congress on Durability of Concrete, Trondheim Norway, June 18-21.
5. Уварова Т.Э. Истирающее воздействие дрейфующего ледяного покрова на морские гидротехнические сооружения: диссертация на

- соискание ученой степени доктора технических наук. Владивосток, 2015. 271 с.
6. Фисенко В. П., Уварова Т. Э., Сравнительный анализ методик испытаний строительных материалов на ледовую абразию // Актуальные исследования. 2020. №11(14). С. 68-74.
 7. Bøhn O. D. Ice abrasion of concrete, background theory and testing at the NTNU laboratory: master thesis. Trondheim, 2012. 67 p.
 8. Jacobsen S., Scherer G. W., Schulson E. M., Concrete–ice abrasion mechanics // Cement and Concrete Research, 2015, vol. 73, pp. 79-95.
 9. Møen E., Høiseth K. V., Leira B., Høyland K. V., Experimental study of concrete abrasion due to ice friction. Part I: Set-up, ice abrasion vs. material properties and exposure conditions // Cold Regions Science and Technology, 2015, vol. 110, pp. 183-201.
 10. Møen E., Høiseth K. V., Leira B., Høyland K. V., Experimental study of concrete abrasion due to ice friction. Part II: Statistical representation of abrasion rates and simple, linear models for estimation // Cold Regions Science and Technology, 2015, vol. 110, pp. 202-214.
 11. Shamsutdinova G., Hendriks M.A.N., Jacobsen S., Concrete ice abrasion laboratory experiments // Proceedings of 24-th International Conference on Port and Ocean Engineering under Arctic Conditions, Busan, Korea, 2017, June 11-16.
 12. Shamsutdinova G., Hendriks M.A.N., Jacobsen S., Concrete-ice abrasion test with sliding ice and ice spallation // Nordic Concrete Research. 2017, vol. 57, pp. 39–57.
 13. Shamsutdinova G., Hendriks M.A.N., Jacobsen S., Concrete-ice abrasion: wear, coefficient of friction and ice consumption // Wear, 2018. no. 416-417, pp. 27-35.
 14. Shamsutdinova G., Hendriks M.A.N., Jacobsen S., Topography studies of concrete abraded with ice // Wear, 2019. no. 430-431, pp. 1-11.
 15. Shamsutdinova G., Rike P. B., Hendriks M.A.N., Jacobsen S., Concrete ice abrasion rig and wear measurements // Proceedings of 23-th International Conference on Port and Ocean Engineering under Arctic Conditions, Trondheim, Norway, 2015, June 14-18.

References

1. Bekker A.T., Uvarova T.E., Pomnikov E.E. Calculation of ice abrasion for the lighthouses installed in the Gulf of Bothnia. Proceedings of the 21-th International Offshore and Polar Engineering Conference. Montréal, Canada, 2011, pp. 273-281.
2. Bekker A.T., Uvarova T.E., Pomnikov E.E., Farafonov A.E., Prytkov I.G., Tyutrin R.S. Experimental Study of Concrete Resistance to Ice Abrasion. Proceedings of the 21-th International Offshore and Polar Engineering Conference Maui, Hawaii, 2011, pp. 1044-1047
3. Jacobsen S., Kim L.V., Pomnikov E.E. Concrete Destructure due to Ice-Indentation Pore Pressure. Proceedings of the 21-th International Offshore and Polar Engineering Conference. Rhodes, Greece, June 17–22, 2012, pp. 1258-1263.
4. Jacobsen S., Bekker A.T., Uvarova T.E., Pomnikov E.E., Kim L.V., Fosså K.T., Concrete Ice Abrasion: Deterioration Mechanisms, Testing and Modeling. Proceedings ICDC 2012 International Congress on Durability of Concrete, Trondheim Norway, June 18-21.
5. Uvarova T. E. *Istirayushchee vozdeystvie dreyfuyushchego ledyanogo pokrova na morskije gidrotekhnicheskie sooruzheniya* [Abrasive drift effects ice cover on marine hydraulic structures]. Vladivostok, 2015, 271 p.
6. Fisenko V. P., Uvarova T. E., Sravnitel'nyy analiz metodik ispyta-niy stroitel'nykh materialov na ledovuyu abraziyu [Comparative analysis of building materials testing methods for ice abrasion]. *Aktual'nye issledovaniya*, 2020, no. 11(14), pp. 68-74.
7. Bøhn O. D. Ice abrasion of concrete, background theory and testing at the NTNU laboratory: master thesis. Trondheim, 2012. 67 p.
8. Jacobsen S., Scherer G. W., Schulson E. M., Concrete–ice abrasion mechanics. *Cement and Concrete Research*, 2015, vol. 73, pp. 79-95.
9. Møen E., Høiseth K. V., Leira B., Høyland K. V., Experimental study of concrete abrasion due to ice friction. Part I: Set-up, ice abrasion vs. material properties and exposure conditions. *Cold Regions Science and Technology*, 2015, vol. 110, pp. 183-201.
10. Møen E., Høiseth K. V., Leira B., Høyland K. V., Experimental study of concrete abrasion due to ice friction. Part II: Statistical representa-

- tion of abrasion rates and simple, linear models for estimation. *Cold Regions Science and Technology*, 2015, vol. 110, p. 202-214.
11. Shamsutdinova G., Hendriks M.A.N., Jacobsen S., Concrete ice abrasion laboratory experiments. *Proceedings of 24-th International Conference on Port and Ocean Engineering under Arctic Conditions, Busan, Korea, 2017, June 11-16*.
 12. Shamsutdinova G., Hendriks M.A.N., Jacobsen S., Concrete-ice abrasion test with sliding ice and ice spallation. *Nordic Concrete Research*, 2017, vol. 57, pp. 39–57.
 13. Shamsutdinova G., Hendriks M.A.N., Jacobsen S., Concrete-ice abrasion: wear, coefficient of friction and ice consumption. *Wear*, 2018, no. 416-417, pp. 27-35.
 14. Shamsutdinova G., Hendriks M.A.N., Jacobsen S., Topography studies of concrete abraded with ice. *Wear*, 2019, no. 430-431, pp. 1-11.
 15. Shamsutdinova G., Rike P. B., Hendriks M.A.N., Jacobsen S., Concrete ice abrasion rig and wear measurements. *Proceedings of 23-th International Conference on Port and Ocean Engineering under Arctic Conditions, Trondheim, Norway, 2015, June 14-18*.

ДАННЫЕ ОБ АВТОРАХ

Анохин Павел Викторович, заведующий лабораторией МНОЦ «Арктика» департамента «Морские арктические технологии»

*Дальневосточный федеральный университет
п. Аякс, 10, о. Русский, г. Владивосток, Приморский край,
690922, Российская Федерация.
anokhin.pv@dvfu.ru*

Беккер Александр Тевьевич, профессор департамента «Морские арктические технологии», доктор технических наук

*Дальневосточный федеральный университет
п. Аякс, 10, о. Русский, г. Владивосток, Приморский край,
690922, Российская Федерация.
bekker.at@dvfu.ru*

Уварова Татьяна Эриковна, профессор департамента «Морские арктические технологии», доктор технических наук
Дальневосточный федеральный университет
п. Аякс, 10, о. Русский, г. Владивосток, Приморский край,
690922, Российская Федерация.
uvarova.tye@dvfu.ru

Зверев Антон Андреевич, ассистент департамента «Морские арктические технологии»
Дальневосточный федеральный университет
п. Аякс, 10, о. Русский, г. Владивосток, Приморский край,
690922, Российская Федерация.
zverev.aa@dvfu.ru

Беляева Тамара Дмитриевна, инженер-исследователь МНОЦ «Арктика», магистрант «Offshore and Coastal Engineering» департамента «Морские арктические технологии»
Дальневосточный федеральный университет
п. Аякс, 10, о. Русский, г. Владивосток, Приморский край,
690922, Российская Федерация.
beliaeva.tdm@dvfu.ru

DATA ABOUT THE AUTHORS

Pavel V. Anokhin, Head of the Laboratory ISEC «Arctic» of Department «Marine Arctic Technologies»
Far Eastern Federal University
10, Ajaks St., Russky Island, Vladivostok, Primorski krai,
690922, Russian Federation.
anokhin.pv@dvfu.ru

Aleksandr T. Bekker, Professor of Department «Marine Arctic Technologies», Doctor of Technical Science
Far Eastern Federal University
10, Ajaks St., Russky Island, Vladivostok, Primorski krai,

*690922, Russian Federation.
bekker.at@dvfu.ru*

Tatiana E. Uvarova, Professor of Department «Marine Arctic Technologies», Doctor of Technical Science
*Far Eastern Federal University
10, Ajaks St., Russky Island, Vladivostok, Primorski krai,
690922, Russian Federation.
uvarova.tye@dvfu.ru*

Anton A. Zverev, Assistant of Department «Marine Arctic Technologies»
*Far Eastern Federal University
10, Ajaks St., Russky Island, Vladivostok, Primorski krai,
690922, Russian Federation.
zverev.aa@dvfu.ru*

Tamara D. Belyaeva, Research Engineer of ISEC «Arctic», Master Student of «Offshore and Coastal Engineering» of Department «Marine Arctic Technologies»
*Far Eastern Federal University
10, Ajaks St., Russky Island, Vladivostok, Primorski krai,
690922, Russian Federation.
beliaeva.tdm@dvfu.ru*

DOI: 10.12731/2227-930X-2021-11-1-77-86

UDC 656+629.12+004

**THE NORTHERN SEA ROUTE:
A SCIENTOMETRIC ANALYSIS OF INFORMATION
ARRAYS IN WEB OF SCIENCE AND SCOPUS DATABASES**

Rykova V.V.

The article traces main trends of the scientific research development on the Northern Sea Route using the international database Web of Science by Clarivate Analytics and Scopus by Elsevier. Using a scientometric analysis and analytical tools of DBs, the author shows countries, institutions and organizations that study this problem, as well as funds financing them; names productive periodicals and authors with high publication activity. In conclusion, the author notes that the study of the Northern sea Route development is an urgent problem for the entire world society, not only for the northern countries.

Objective – to carry on a scientometric analysis of information arrays (IA) in the international scientific citation indices devoted to studying the Northern Sea Route development.

Methods: scientometric analysis.

Results: countries, institutions and organizations that study this problem are represented, as well as funds financing them; productive periodicals and authors with high publication activity are designated; the main research fields are revealed.

Practical implications: the study should be used as an information base for further research of scientists and specialists on various aspects of the Northern Sea Route development.

Keywords: Northern Sea Route; research information support; Web of Sciences; Scopus; scientometric analysis

**СЕВЕРНЫЙ МОРСКОЙ ПУТЬ: НАУКОМЕТРИЧЕСКИЙ
АНАЛИЗ ИНФОРМАЦИОННЫХ МАССИВОВ БАЗ
ДАННЫХ WEB OF SCIENCE И SCOPUS**

Рыкова В.В.

В статье прослежены тренды развития научных исследований по теме «Северный морской путь» с использованием баз данных

Web of Science (компания Clarivate Analytics) и Scopus (Elsevier). В базах данных с использованием булевых операторов и ключевых слов выявлены документальные массивы по теме, проведен их сравнительный наукометрический анализ. Аналитические сервисы баз данных позволили назвать страны, учреждения и организации, занимающиеся изучением данной проблемы, а также финансирующие их фонды. Определены наиболее продуктивные периодические издания и авторы с высокой публикационной активностью. Представлены научные мероприятия, проводимые по теме. Показана тематическая структура информационных массивов. Отмечено, что развитие Северного морского пути является актуальной проблемой всего мирового сообщества, а не только северных стран. Вышеназванные базы данных могут служить информационной основой дальнейших исследований различных аспектов развития Северного морского пути.

Цель: проведение наукометрического анализа информационных массивов из международных индексов научного цитирования, посвященных изучению Северного морского пути.

Методы: наукометрический анализ.

Результаты: представлены страны, учреждения и организации, которые изучают эту проблему, а также фонды, финансирующие их; обозначены продуктивные периодические издания и авторы с высокой публикационной активностью; выявлены основные направления исследований.

Область применения результатов: исследование могут служить информационной основой дальнейших исследований ученых и специалистов по различным аспектам развития Северного морского пути.

Ключевые слова: Северный морской путь; Web of Sciences; Scopus; наукометрический анализ

Introduction

The Russian Federation Presidential Decree dated 05.03.2020 No. 164 “On the State Policy Bases of the Russian Federation in the Arctic for the Period until 2035” defines foundations of the state policy concerning

the Russian Federation Arctic regions [2]. The document emphasizes the significant role of the Northern Sea Route as a necessary tool for socio-economic development of the Arctic zone. The incident with the Ever Given container ship, which ran aground and blocked the Suez Canal, has confirmed the need to develop logistic routes in the Arctic not only for the Nordic countries, but also for the entire world community.

The article objective is to carry on a scientometric analysis of the information arrays (IA) devoted to studying the Northern Sea Route.

Materials and methods

To analyze researches on the Northern Sea Route, two databases (DBs) have been applied as the most famous and authoritative systems: Web of Science (WoS) by Clarivate Analytics Co, and Scopus by Elsevier Co, which are commercial products [1].

Information arrays (IAs) have been selected of the above-mentioned DBs using keywords and Boolean operators. The volume of IAs for the period 1960-2019 compiled over 2,800 documents in WoS (about 1,000 is Open Access), and nearly 3,000 documents (500 ones in Open Access) in Scopus on March, 2021.

A scientometric analysis of IAs of the international DBs by includes:

- 1) revealing trends of scientific research development on the topic,
- 2) representing the countries and institutions involved in the problem study, as well as organizations funding the researches,
- 3) nominating the productive periodicals on the issue,
- 4) identifying authors with high publication activity,
- 5) designating research topics.

Study results

The dynamics of IAs over a 60-year period is shown in the diagram (Fig. 1), where the growth in the publications amount can be clearly seen, growing of the number of publications is especially noticeable the last decade. The following trends are traced in the IAs dynamics: 1960-70s – publications on the topic are rare; 1980-2000s – insufficient increase of the information amount; 2000-10s – significant growth of the document corpus.

The interest of scientists and specialists to this problem is explained by the geopolitical and economic competition of the polar states and the interests of non-Arctic states to include the Northern Sea Route in their logistic schemes.

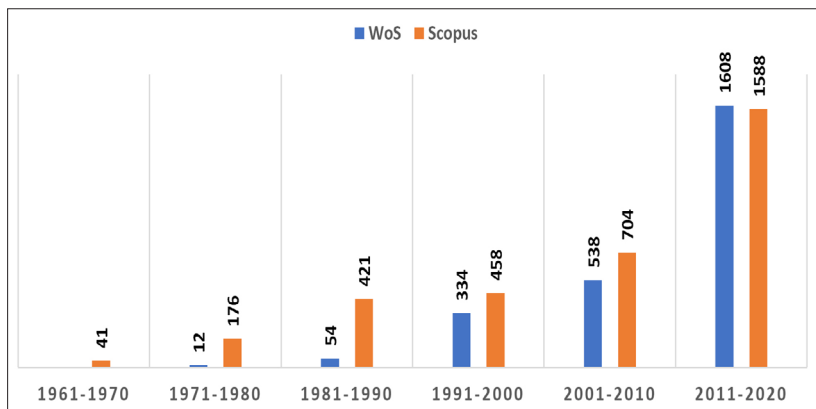


Fig. 1. Publication dynamics in DBs Web of Science and Scopus

The analytical tools of DB WoS allow users to identify the participation of the scientific community representatives from different states, affiliations of scientists and specialists, funds financing research on a particular problem.

As seen from the Table 1, the research activity on the Northern Sea Route is active in the northern states (USA, Russia, Canada, Norway), which have to develop the northern navigation due to long Arctic sea coasts and wide aquatoria. Economically developed counties (China, UK, Germany, Japan) are interested in studying the Northern Sea Route as an alternative transportation path.

Many organizations that take part in studies are presented in Table 2, among them the leaders in the publication amount are the research institutions of the Russian Academy of Sciences, National Centre for Scientific Research of France, Chinese Academy of Sciences, as well as higher schools of Norway, Finland, Canada, Germany, USA.

Table 1.

Countries with high publication activity on the topic

Rating	Scopus		WoS	
	Country	Publication number	Country	Publication number
1	USA	565	USA	529
2	Russia	446	Russia	319
3	Canada	310	China	269
4	UK	296	Norway	241
5	China	263	UK	240
6	Norway	261	Germany	236
7	Germany	230	Canada	223
8	Finland	177	Japan	144
9	South Korea	160	Sweden	133
10	Japan	157	Finland	113

Table 2.

Top 10 organizations which authors of articles in Scopus and WoS databases are affiliated with

Rating	Scopus	Number of works	WoS	Number of works
1	Norwegian University of Science and Technology	97	Russian Academy of Sciences	123
2	Russian Academy of Sciences	81	Helmholtz Accosiation	74
3	Aalto University	48	Norwegian University of Science and Technology	71
4	Memorial University of Newfoundland (Canada)	46	University of California System (USA)	60
5	Alfred Wegener Institute, Helmholtz Centre for Polar and Marine Research (Germany)	44	Alfred Wegener Institute, Helmholtz Centre for Polar and Marine Research (Germany)	54
6	National Research Council of Canada	43	Stokholm University	54
7	University of Cambridge	42	Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS, France)	48
8	Chinese Academy of Sciences	41	Chinese Academy of Sciences	46
9	Korean Maritime and Ocean University	40	National Oceanic and Atmospheric Administration (USA)	43
10	Stokholm University	37	Memorial University of Newfoundland (Canada)	37

The main share of publications in the DBS is represented by English-language works (from 91% in Scopus to 94% in WoS), but 11 more languages are in the linguistic structure of the studied IAs, among them Russian, German, Japan, Chinese, Korean, etc.

Table 3 represents the organizations funding scientific research, in their midst the most active ones are the National Natural Science Foundation and National Science Foundation of China, European Commission and others.

Table 3.

Top 5 financing organizations in Scopus and WoS databases

Rating	Scopus	Number of works	WoS	Number of works
1	National Natural Science Foundation of China	86	National Natural Science Foundation of China	99
2	European Commission	58	European Commission	90
3	National Science Foundation	55	National Science Foundation	81
4	UK Research and Innovation	45	Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology of Japan	44
5	Government of Canada	36	UK Research and Innovation	40

The IA type-specific structure of DBs WoS and Scopus is similar, Table 4 demonstrates the ratio of different types of documents in DBs.

Table 4.

Typical composition of the DCs in Scopus and WoS

DB	Scopus		WoS	
Type of documents	Documents	%	Documents	%
Articles in periodicals	2267	60.0	1982	74.0
Conference proceedings	1373	35.5	552	20.6
Reviews	75	1.7	73	2.7
Book chapters	102	2.4	69	2.6
Books	25	0.4	2	0.1

Articles in periodicals and conference proceedings dominate in the typical structure of documents (74% and 20% in WoS, 60% and 35% in Scopus). Journals are the most efficient sources of information. Table 5 shows the Top 5 of periodical titles on the number of articles devoted to studying the Northern Sea Route.

Table 5.

**Ranking journals with the highest publication activity on the topic
in DBs WoS and Scopus**

Rating	Scopus		WoS	
	Source	Number of documents	Source	Number of documents
1	Polar Record (UK)	90	Journal of Geophysical Research. Ocean (USA)	73
2	Naval Architect (UK)	46	Cold Regions Science and Technology (the Netherlands)	41
3	Cold Regions Science and Technology (the Netherlands)	44	Deep-Sea Research. Pt. 2 (the Netherlands)	37
4	Deep-Sea Research. Pt. 2 (the Netherlands)	33	Marine Intellectual Technology (Russia)	37
5	Atmospheric Chemistry and Physics (Germany)	30	Geophysical Research Letters (USA)	35

Conference proceedings are no less important for the scholar community than periodicals, because there is an active exchange of information, discussion of topical issues, discussions on pressing issues during scientific meetings of various ranks. Most forums are held on an ongoing basis, the following of them should be noted: *International Offshore and Polar Engineering Conference; International Conference on Port and Ocean Engineering under Arctic Conditions; International Conference on Collision and Grounding of Ships and Offshore Structures; International Conference on Ecological Vehicles and Renewable Energies; Conference on Offshore Mechanics and Arctic Engineering; Ocean IEEE conference*, and others.

A small group of monographic publications is the most important component of IAs as they summarize the results of multi-year research by teams of scientists. There are books published recently: the one by T. Pastusiak devoted the history of navigation on the Northern Sea Route and vessels ability to overcome ice on the Northern Sea Route, and the criteria of safe speed and maneuvering vessels on ice [5, 6], as well as a work edited by F. Lasserre and O. Faury considering the present state of the Arctic shipping, future trends of maritime transportation [4]. But

the most cited monograph covering studies of sea ice along the Northern Sea Route is written by O. Johannessen and co-authors [3].

Table 6 represents the authors with high publication activity, among them the most productive authors are K. Choi (Korean Maritime and Ocean University), S. Ehlers (Hamburg University of Technology), P. Kujala (Aalto University), K. Riska (Delft University of Technology) studying ice/structure interactions, maritime structures, icebreaker design and dealing with ship operations and transportation risks, S. Sandven (Nansen Environmental and Remote Sensing Center) and O. Johannessen (Nansen Scientific Society), whose research activities are in the areas of sea ice, oceanographic processes, climate monitoring.

Table 6.

Top 5 authors with high publication activity on the topic in DBs WoS and Scopus

DB	Scopus		WoS	
Rating	Authors' name	Record number	Author	Record number
1	Choi K.	31	Sandven S.	24
2	Ehlers S.	27	Ehlers S.	23
3	Kujala P.	26	Riska K.	21
4	Riska K.	26	Kujala P.	19
5	Sandven S.	24	Johannessen O.M.	18

Thematically, IAs of databases are structured identically, which indicates the general research trends aimed to solve the following problems:

- engineering issues (ship building, icebreakers, vessels),
- safe navigation and transportation along the Northern Sea Route,
- sea ice cover and ice forecasts,
- Arctic meteorology.

DB Scopus represents keywords most frequently used in articles (meeting 200 times and more): ice or sea ice – 1015; icebreaker – 573; ships – 494; Arctic Ocean – 432, Northern Sea Route – 202, transportation routes – 200.

Conclusion

To summarize the results, it should be noted that studying the Northern Sea Route is an urgent problem for both the northern countries and world

community. The amount of information on the topic is steadily growing. While using a scientometric analysis and analytical tools of DBs, the author shows countries, institutions and organizations that study this problem, as well as funds financing them; names productive periodicals and authors with high publication activity; reveals the main research areas.

Searching filters in both DBs make it easy to find relevant documents on the topic that can form the basis for further research. Both DBs includes free access papers, while the others can be read by license agreement.

References

1. Busygina T.V., Rykova V.V. Scientometric visualisation of the documentary array on Semipalatinsk nuclear test site. *DESIDOC Journal of Library & Information Technology*, 2019, vol. 39, no. 4, pp. 152-161. <https://doi.org/10.14429/djlit.39.4.14454>
2. Decree of the President of the Russian Federation on 05.03.2020 No. 164 "On the State Policy Bases of the Russian Federation in the Arctic for the Period until 2035". *Garant.ru*. <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/73606526/> (accessed 10.05.2020).
3. Johannessen O.M., Alexandrov V.Y, Frolov I.Y., Sandven S., Pettersson L.H., Bobylev L.P., Kloster K., Smirnov V.G., Mironov Y.U., Babich N.G. Remote sensing of sea ice in the Northern Sea Route: studies and applications. Berlin etc.: Springer-Verlag, 2007, 530 p.
4. Lasserre F, Faury O (eds.) Arctic shipping: Climate change, commercial traffic and port development. London: Taylor and Francis, 2019, 234 p.
5. Pastusiak T. The Northern Sea Route as a shipping lane: expectations and reality. [S. l.]: Springer Intern. Publ., 2016, 219 p.
6. Pastusiak T. Voyages on the Northern Sea Route. [S. l.]: Springer Intern. Publ., 2020, 301 p.

Список литературы

1. Busygina T. V., Rykova V. V. Scientometric visualisation of the documentary array on Semipalatinsk nuclear test site // *DESIDOC Journal of Library & Information Technology*. 2019. Vol. 39, № 4. P. 152-161. <https://doi.org/10.14429/djlit.39.4.14454>

2. Указ Президента РФ от 05.03.2020 № 164 «Об Основах государственной политики Российской Федерации в Арктике на период до 2035 года» // Гарант.ru. <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/73606526/> (дата обращения: 10.05.2020).
3. Johannessen O.M., Alexandrov V.Y., Frolov I.Y., Sandven S., Pettersson L.H., Bobylev L.P., Kloster K., Smirnov V.G., Mironov Y.U., Babich N.G. Remote sensing of sea ice in the Northern Sea Route: studies and applications. Berlin etc.:[†] Springer-Verlag, 2007. 530 p.
4. Lasserre F., Fauray O. (eds.) Arctic shipping: Climate change, commercial traffic and port development. London: Taylor and Francis 2019. 234 p.
5. Pastusiak T. Voyages on the Northern Sea Route. [S. l.]: Springer International Publishing 2020. 301 p.
6. Pastusiak T. The Northern Sea Route as a shipping lane: expectations and reality. [S. l.]: Springer Intern. Publ., 2016. 219 p.

DATA ABOUT THE AUTHOR

Valentina V. Rykova, Senior Researcher of the Department of Scientific Bibliography

The State Public Scientific Technological Library of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences

15, Voskhod Str., Novosibirsk, 630200, Russian Federation

rykova@gpntbsib.ru

ДАННЫЕ ОБ АВТОРЕ

Рыкова Валентина Викторовна, старший научный сотрудник
Отдела научной библиографии

*Государственная публичная научно-техническая библиоте-
ка Сибирского отделения Российской академии наук*

ул. Восход, 15, г. Новосибирск, 630200, Российская Федерация

rykova@gpntbsib.ru

SPIN-code: 4051-1041

ORCID: 0000-0002-3205-7461

Researcher ID: I-9710-2018

Scopus Author ID: 56682712200

DOI: 10.12731/2227-930X-2021-11-1-87-98

УДК 004.93

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ДЛЯ АНАЛИЗА И РАЗГРУЗКИ ДОРОЖНОГО ТРАФИКА С ПРИМЕНЕНИЕМ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Ахметов Л.М., Биков Д.И., Хамидуллин М.Р.

С каждым годом темпы роста автомобилей в России продолжают расти, что крайне усложняет организацию дорожного трафика. Для решения этой проблемы необходимы инновации в автомобильной отрасли, такие как умные светофоры, для более эффективного регулирования движения транспорта на дорогах общего пользования.

Цель – разработка системы для анализа и разгрузки дорожного трафика для улучшения ситуации на перекрестках, автоматизация путём внедрения искусственного интеллекта, сборка рабочего макета светофора на базе Arduino.

Метод или методология проведения работы: в статье рассмотрен проект по анализу, отслеживанию и разгрузке транспорта на перекрестках.

Результаты: собран макет светофора на базе микроконтроллера Arduino UNO и разработана нейронная сеть для анализа и разгрузки дорожного трафика в реальном времени на языке программирования Python.

Область применения результатов: полученные результаты целесообразно применять на наиболее перегруженных участках дорог.

Ключевые слова: Светофор, Дорожное движение; Arduino; Автоматизация; Анализ; Нейронная сеть; Python

DEVELOPMENT OF A SYSTEM FOR ANALYZING AND UNLOADING ROAD TRAFFIC USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE

Akhmetov L.M., Bikov D.I., Khamidullin M.R.

Every year the growth rate of cars in Russia will continue to grow, which will complicate the organization of road traffic. Therefore, in-

novations in the automotive industry, such as smart traffic lights, are needed to regulate traffic more efficiently.

Purpose – development of a system for analyzing and unloading road traffic to improve the situation at intersections, automating road traffic by introducing artificial intelligence, assembling a working model of a traffic light based on Arduino.

Method or methodology of work: the article considers a project to analyze and track and unload vehicles at an intersection.

Results: a mock-up of a traffic light based on an Arduino UNO microcontroller was assembled and a neural network was developed for analyzing and unloading road traffic in real time in Python.

Scope of the results: the results obtained should be applied to the most congested road sections.

Keywords: Traffic light, Road traffic; Arduino; Automation; Analysis; Neural network; Python

Введение

В данной статье рассматривается одно из возможных решений проблемы низкого уровня алгоритма регулирования светофоров на перекрестках. Подходы, изложенные в данной работе, описывают механизм оптимизации перекрестков с применением искусственного интеллекта и алгоритма разгрузки. Данную систему целесообразно применять на наиболее перегруженных участках дорог во многих городах России [11].

Разработка системы анализа и разгрузки дорожного трафика направлена на отслеживание количества транспорта в реальном времени и взаимодействия со светофором с использованием компьютера [10].

Принцип функционирования системы заключается в том, что через камеры предобученная нейронная сеть распознает транспортные средства и анализирует их. В зависимости от количества транспорта на каждой стороне дороги, светофор меняет цвет [6]. Например, если в одной стороне дороги находится 6 машин, а в другой 2, то таймер светофора выставится на 20 секунд. Длительность зависит от соотношения объектов на дороге [9].

Материалы и методы

Макет светофора собран на Arduino UNO – это плата микроконтроллера на базе ATmega328P [1]. Основные характеристики Arduino UNO, представлены в таблице 1.

Таблица 1.

Основные характеристики платформы

Микропроцессор	ATmega328
Рабочее напряжение	5 В
Входное напряжение(рекомендуемое)	7-12 В
Входное напряжение (приемлемое)	6-20 В
Цифровые Входы/Выходы	14
Аналоговые входы	6
Постоянный ток через вход/выход	40мА
Постоянный ток для вывода 3.3В	50мА
Флеш-память	32Кб
ОЗУ	2Кб
EEPROM	1 Кб
Тактовая частота	16МГц

Основной принцип работы устройства заключается в передаче видеосигнала на компьютер через 2 веб-камеры в нейронную сеть, определяется количество транспорта на дороге, далее происходит визуализация ситуации на перекрестке в приложении и через COM-порт данная информация передаются на плату Arduino и включается светофор [2].

Иллюстрация макета светофора приведена ниже на рисунках 1, 2. Макет состоит из:

- 1) 6 светодиодов
- 2) 6 резисторов на 220 Ом

Для начала работы программы необходимо 2 веб-камеры, компьютер и подключение платы Arduino в COM-порт, последующим включением самой программы [3].

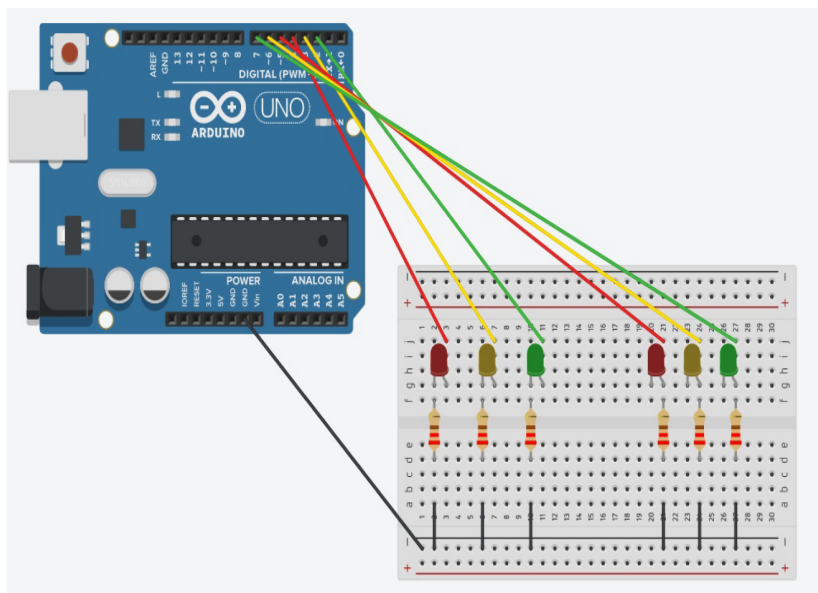


Рис. 1. Схема подключения макета светофора

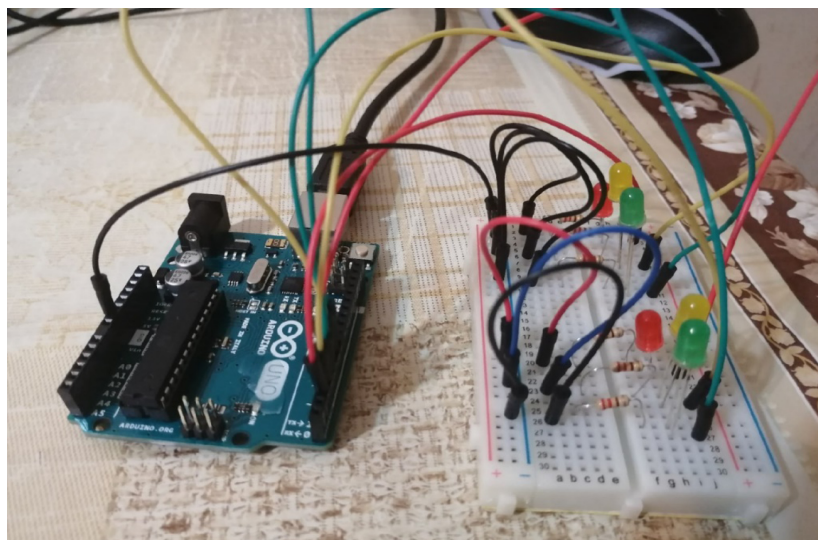


Рис. 2. Иллюстрация макета вид сбоку

Механизм работы светофора:

- Красный;
- Красный + желтый;
- Зеленый;
- Желтый;
- Повторение.

Программная реализация светофора в среде Arduino IDE (рис 3).

```
void loop() {
  if (Serial.available() > 0)
  {
    datafromUser = Serial.read();
  }

  if (datafromUser == '1')
  {
    for (int i = 0; i < 4; i++)
    {
      ledOn = !ledOn;
      digitalWrite(led_green, ledOn);
      delay(500);
    }
    digitalWrite(led_green, LOW);
    digitalWrite(led_yellow, HIGH);
    digitalWrite(led_yellow2, HIGH);
    delay(2000);
    digitalWrite(led_yellow, LOW);
    digitalWrite(led_yellow2, LOW);
    digitalWrite(led_red, HIGH);
    digitalWrite(led_red2, LOW);
    digitalWrite(led_green2, HIGH);
    ledOn = HIGH;
    datafromUser=3;
  }
  else if (datafromUser == '2')
  {
    for (int i = 0; i < 4; i++)
    {
      ledOn = !ledOn;
      digitalWrite(led_green2, ledOn);
      delay(500);
    }
    digitalWrite(led_green2, LOW);
    digitalWrite(led_yellow2, HIGH);
    digitalWrite(led_yellow, HIGH);
    delay(2000);
    digitalWrite(led_yellow2, LOW);
    digitalWrite(led_yellow, LOW);
    digitalWrite(led_red2, HIGH);
    digitalWrite(led_red, LOW);
    digitalWrite(led_green, HIGH);
    ledOn = HIGH;
    datafromUser=3;
  }
}
```

Рис. 3. Пример скетча Arduino работы светофора

Для создания десктопного приложения использовались следующие библиотеки Python [12]:

OpenCV – библиотека, ориентированная на приложения реального времени, используется для видеоанализа с веб-камеры количества машин, находящихся на дороге [4].

ImageAI – библиотека для прогнозирования изображений, обнаружения и отслеживания видеообъектов.

PyQt5 – библиотека для разработки пользовательского интерфейса приложения.

PySerial – библиотека для работы с COM-портами, используется для связи микроконтроллера Arduino UNO с Python [13].

Результаты

Разберем основные достоинства и интерфейс программы:

- 1) Возможности
- 2) Интуитивность

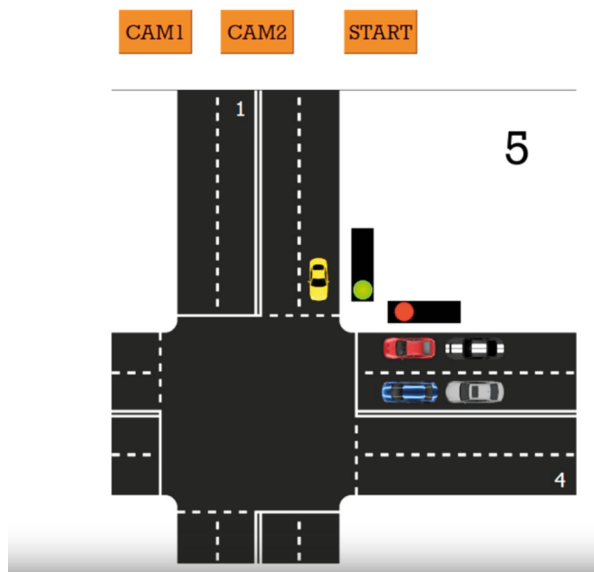


Рис. 4. Интерфейс

```

while camera.isOpened():
    count_cars_right=0
    count_cars_top=0
    self.time_right.setText(round(timer-time.time()))
    ret, frame = camera.read()
    ret2, frame2 = camera2.read()
    start=time.time()

    if start-finish>2:
        custom = detector.CustomObjects(cell_phone=True,truck=True,car=True,motorcycle=True)
        _array_detection=detector.detectCustomObjectsFromImage(custom_objects=custom, input_image=frame, input_type="array", output_type="array", minimum_percentage_proba=0.5, time_limit=10)
        finish=time.time()
        print("TOP : "+str(array_detection))
        _array_detection2=detector.detectCustomObjectsFromImage(custom_objects=custom, input_image=frame2, input_type="array", output_type="array", minimum_percentage_proba=0.5, time_limit=10)
        print("RIGHT : "+str(array_detection2))

    for obj in array_detection:
        if obj["name"] in ["cell phone","truck","car","bottle","motorcycle","person"]:
            count_cars_right+=1
            coord=obj["box_points"]
            cv2.rectangle(frame, (coord[0], coord[1]), (coord[2], coord[3]), (0,0,255))
            cv2.putText(frame,obj["name"], (coord[0], coord[1]-6), cv2.FONT_HERSHEY_SIMPLEX, 1.0, (255,255,255),1)
            self.right_count.setText(str(count_cars_right))

    for obj in array_detection2:
        if obj["name"] in ["cell phone","truck","car","bottle","motorcycle","person"]:
            count_cars_top+=1
            coord=obj["box_points"]
            cv2.rectangle(frame2, (coord[0], coord[1]), (coord[2], coord[3]), (0,0,255))
            cv2.putText(frame2,obj["name"], (coord[0], coord[1]-6), cv2.FONT_HERSHEY_SIMPLEX, 1.0, (255,255,255),1)
            self.cam1_activate=True:
            cv2.imshow("Top camera", frame2)
            if self.cam2_activate=True:
            cv2.imshow("Right camera", frame)
            cv2.destroyAllWindows()

```

Рис. 5. Код для обнаружения автомобилей на дороге



Рис. 6. Пример демонстрации объекта

Распознавание автомобилей на дороге происходит при помощи инструментов библиотеки ImageAI и заранее обученной модели «yolo.h5» [5]. Программа в каждой итерации цикла while проверяет изображение, полученное с веб-камер при помощи библиотеки OpenCV и сравнивает полученные объекты с заранее обученными

моделями yolo [14]. Если модели совпадают, программа сохраняет позиции x и y распознанного объекта и рисует вокруг него прямоугольник (Рис 5).

После всех манипуляций скрипта, обработанное изображение демонстрируется на экран при помощи функции `imshow` (рис 6).

Выводы

Был собран макет светофора на базе микроконтроллера Arduino UNO сопряженный с компьютером, способный имитировать и разгружать дорожный трафик, решать проблему низкого уровня алгоритма регулирования светофоров на перекрестках, позволяющий усовершенствовать движение транспортных средств на перегруженных участках дороги [7].

Разработана и настроена нейронная сеть на языке Python способная отслеживать видеопоток и анализировать количество транспортных средств и разгружать дорожный трафик [8]. Учитывая вышесказанное, можно сделать вывод, что разработка с учетом модернизаций, способна удовлетворять всем необходимым нуждам и способна значительно улучшить и автоматизировать ситуацию на дорогах.

Список литературы

1. Акмаров П.Б. Кодирование и защита информации : учебное пособие. Ижевск: Ижевская ГСХА, 2016. 136 с. <https://e.lanbook.com/book/133975> (дата обращения: 28.02.2020).
2. Богачёв К.Ю. Основы параллельного программирования. 3-е изд. (эл.). Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015. 345 с. <https://ibooks.ru/reading.php?productid=350082> (дата обращения: 28.02.2020).
3. Гарибов А.И. Основы разработки приложений для мобильных устройств на платформе Windows Phone : учебное пособие. 2-е изд. Москва: ИНТУИТ, 2016. 459 с. <https://e.lanbook.com/book/100344> (дата обращения: 28.02.2020).
4. Иванова Г.С. Технология программирования : учебник. М.: КНОРУС, 2011. 336 с.

5. Подбельский В.В. Язык декларативного программирования XAML. Москва: ДМК Пресс, 2018. 336 с. <https://e.lanbook.com/book/111428> (дата обращения: 28.02.2020).
6. Пономаренко В.И., Караваев А.С. Использование платформы Arduino в измерениях и физическом эксперименте // Известия Вузов. ПНД. 2014. Т. 22, №4. С. 77-90.
7. Рудинский И.Д. Технология проектирования автоматизированных систем обработки информации и управления. Москва: Горячая линия-Телеком, 2011. 304 с. <https://e.lanbook.com/book/5191> (дата обращения: 28.02.2020).
8. Соколова В.В. Разработка мобильных приложений : учебное пособие. Томск: ТПУ, 2014. 176 с. <https://e.lanbook.com/book/82830> (дата обращения: 28.02.2020).
9. Тугов В.В. Проектирование автоматизированных систем управления : учебное пособие / В.В. Тугов, А.И. Сергеев, Н.С. Шаров. Санкт-Петербург: Лань, 2019. 172 с. <https://e.lanbook.com/book/123695> (дата обращения: 28.02.2020).
10. Чикалов А.Н. Схемотехника телекоммуникационных устройств: Учебное пособие для вузов : учеб. пособие / А.Н. Чикалов, С.В. Соколов, Е.В. Титов. Москва: Горячая линия-Телеком, 2016. 322 с. <https://e.lanbook.com/book/94634>
11. Шаньгин В.Ф. Защита информации в компьютерных системах и сетях : учеб. пособие. Москва: ДМК Пресс, 2012. 592 с. <https://e.lanbook.com/book/3032>
12. Шандров Б.В. Технические средства автоматизации: учебник / Б. В. Шандров, А. Д. Чудаков. М.: ИЦ «Академия», 2007. 368 с.
13. Шишмарёв В.Ю. Основы автоматического управления: учебное пособие. М.: Академия, 2008. 352 с.
14. Khamidullin M.R., Mardanshin R.G., Prozorov A.V., Karimov R.I. The Introduction of QR-Codes in Production Processes // Journal of Environmental Treatment Techniques. 2019, Special Issue on Environment, Management and Economy. P. 1097-1100.
15. Isavnin A.G., Khamidullin M.R. Determining of total expenses for the objective of equipment replacement // Life Science Journal. 2014. №11 (6). P. 704-706.

References

1. Akmarov P.B. *Kodirovanie i zashchita informatsii* [Coding and protection of information]. Izhevsk: Izhevskaya GSKhA, 2016, 136 p. <https://e.lanbook.com/book/133975>
2. Bogachev K.Yu. *Osnovy parallel'nogo programmirovaniya* [Fundamentals of Parallel Programming]. Moscow: BINOM. Laboratoriya znaniy, 2015, 345 p. <https://ibooks.ru/reading.php?productid=350082>
3. Garibov A.I. *Osnovy razrabotki prilozheniy dlya mobil'nykh ustroystv na platforme Windows Phone* [Windows Phone Mobile App Development Fundamentals]. Moscow: INTUIT, 2016, 459 p. <https://e.lanbook.com/book/100344>
4. Ivanova G.S. *Tekhnologiya programmirovaniya* [Programming technology]. M.: KNORUS, 2011. 336 p.
5. Podbel'skiy V.V. *Yazyk deklarativnogo programmirovaniya XAML* [XAML declarative programming language]. Moscow: DMK Press, 2018, 336 p. <https://e.lanbook.com/book/111428>
6. Ponomarenko V.I., Karavaev A.S. Ispol'zovanie platformy Arduino v izmereniyakh i fizicheskom eksperimente [Using the Arduino platform in measurements and physical experiment]. *Izvestiya Vuzov. PND*, 2014, vol. 22, no. 4, pp. 77-90.
7. Rudinskiy I.D. *Tekhnologiya proektirovaniya avtomatizirovannykh sistem obrabotki informatsii i upravleniya* [Design technology for automated information processing and control systems]. Moscow: Goryachaya liniya-Telekom, 2011, 304 p. <https://e.lanbook.com/book/5191>
8. Sokolova V.V. *Razrabotka mobil'nykh prilozheniy* [Development of mobile applications]. Tomsk: TPU, 2014, 176 p. <https://e.lanbook.com/book/82830>
9. Tugov V.V., Sergeev A.I., Sharov N.S. *Proektirovanie avtomatizirovannykh sistem upravleniya* [Design of automated control systems]. Sankt-Peterburg: Lan, 2019, 172 p. <https://e.lanbook.com/book/123695>
10. Chikalov A.N., Sokolov S.V., Titov E.V. *Skhemotekhnika telekommunikatsionnykh ustroystv: Uchebnoe posobie dlya vuzov* [Circuitry of

- telecommunication devices]. Moscow: Goryachaya liniya-Telekom, 2016, 322 p. <https://e.lanbook.com/book/94634>
11. Shan'gin V.F. *Zashchita informatsii v komp'yuternykh sistemakh i setyakh* [Information protection in computer systems and networks]. Moscow: DMK Press, 2012, 592 p. <https://e.lanbook.com/book/3032>
 12. Shandrov B.V., Chudakov A. D. *Tekhnicheskie sredstva avtomatizatsii* [Technical means of automation]. M.: ITs "Akademiya", 2007, 368 p.
 13. Shishmarev V.Yu. *Osnovy avtomaticheskogo upravleniya* [Fundamentals of automatic control]. Moscow: Akademiya, 2008, 352 p.
 14. Khamidullin M.R., Mardanshin R.G., Prozorov A.V., Karimov R.I. The Introduction of QR-Codes in Production Processes. *Journal of Environmental Treatment Techniques*. 2019, Special Issue on Environment, Management and Economy, pp. 1097-1100.
 15. Isavnin A.G., Khamidullin M.R. Determining of total expenses for the objective of equipment replacement. *Life Science Journal*, 2014, no. 11 (6), pp. 704-706.

ДАННЫЕ ОБ АВТОРАХ

Ахметов Линар Марселевич, студент

Набережночелнинский филиал Казанского национального исследовательского технического университета им.А.Н. Туполева

Академика Королева, 1, г. Набережные Челны, 423814, Российская Федерация
diobrandmayer@gmail.com

Биков Данир Инсафович, студент

Набережночелнинский филиал Казанского национального исследовательского технического университета им.А.Н. Туполева

Академика Королева, 1, г. Набережные Челны, 423814, Российская Федерация
danir.bikov@gmail.com

Хамидуллин Марат Раисович, доцент, кандидат экономических наук

Набережночелнинский филиал Казанского национального исследовательского технического университета им.А.Н. Туполева

Академика Королева, 1, г. Набережные Челны, 423814, Российская Федерация

ayka_prom@mail.ru

DATA ABOUT THE AUTHORS

Linar M. Akhmetov, student

Kazan National Research Technical University, Branch in Naberezhnye Chelny

1, Akademik Korolev Str., Naberezhnye Chelny, 423814, Russian Federation

diobrandmayer@gmail.com

Danir I. Bikov, student

Kazan National Research Technical University, Branch in Naberezhnye Chelny

1, Akademik Korolev Str., Naberezhnye Chelny, 423814, Russian Federation

danir.bikov@gmail.com

Marat R. Khamidullin, PhD in Economics

Kazan National Research Technical University, Branch in Naberezhnye Chelny

1, Akademik Korolev Str., Naberezhnye Chelny, 423814, Russian Federation

ayka_prom@mail.ru

ORCID: 0000-0002-3326-0955

DOI: 10.12731/2227-930X-2021-11-1-99-113

УДК 69.001.6

СТРОИТЕЛЬНЫЙ РЫНОК СМОЛЕНСКОЙ ОБЛАСТИ В ПЕРИОД ФИНАНСОВОГО КРИЗИСА И ВЛИЯНИЯ ПАНДЕМИИ

Сапожникова С.М.

В исследовании рассмотрены особенности развития строительной отрасли на региональном уровне, определены основные параметры состояния и перспективы его дальнейшего функционирования.

Выявлены факторы, влияющие на современные тенденции развития строительной отрасли, угрозы и основные проблемы, особенно в условиях мирового экономического кризиса и пандемии. Проведено обследование состояния материально-технической базы строительных компаний и уровень их конкуренции, а также на основе опроса предпринимателей отрасли определен уровень индекса их экономической активности и перспективы формирования строительного портфеля в условиях кризиса и локдауна. На основании чего были предложены меры по совершенствованию регулирования строительного рынка в условиях экономического кризиса и пандемии. Основной вывод исследования состоит в том, что единственным условием эффективного развития и восстановления до предкризисного уровня экономики регионов и ее отраслей, включая строительную, в условиях локдауна является полноценное государственное регулирование, финансирование, национализация и финансовая, юридическая, дипломатическая, информационная защита от внешнего негативного воздействия глобализации и кризиса.

***Цель** – оценка состояния строительного рынка региона, выявление проблем и угроз и предложение мер по его регулированию в условиях локдауна, санкций, экономического кризиса и пандемии.*

Метод или методология проведения работы: в статье использовались методы сравнения, опроса, индексный, графический, методы статистического и факторного анализа.

Результаты: выявлены основные проблемы, угрозы строительного рынка, даны рекомендации по их нейтрализации в условиях экономического кризиса и пандемии.

Область применения результатов: полученные результаты целесообразно применять для выбора оптимального управленческого решения при выработке стратегии развития региональной строительной компании.

Ключевые слова: строительство; регион; позиция на рынке; угрозы; стратегия; SWOT-анализ; объем строительных работ; портфель заказов; индекс предпринимательской уверенности

CONSTRUCTION MARKET OF SMOLENSK REGION DURING THE PERIOD FINANCIAL CRISIS AND PANDEMIC IMPACT

Sapozhnikova S.M.

The study examines the features of the development of the construction industry at the regional level, defines the main parameters of the state and the prospects for its further functioning.

The factors influencing the current trends in the development of the construction industry, threats and main problems, especially in the context of the global economic crisis and pandemic, are identified. A survey of the state of the material and technical base of construction companies and the level of their competition was carried out, as well as a survey of industry entrepreneurs on changes in the level of their economic activity and the prospects for the formation of a construction portfolio.

On the basis of this, measures were proposed to improve the regulation of the construction market in the context of the economic crisis and pandemic. The main conclusion of the study is that the only con-

dition for effective development and recovery to the pre-crisis level of the economy of the regions and its industries, including construction, in a lockdown is full government regulation, financing, nationalization and financial, legal, diplomatic, information protection from external negative impact globalization and crisis.

Purpose. *The goal is to assess the state of the construction market in the region, identify problems and threats and propose measures to regulate it in the face of a lockdown, sanctions, economic crisis and pandemic.*

Methodology: *the article used methods of comparison, survey, index, graphic, methods of statistical and factor analysis.*

Results: *the main problems and threats to the construction market were identified, recommendations were given for their neutralization in the context of the economic crisis and pandemic.*

Practical implications: *the results obtained should be applied to select the optimal management solution when working out a development strategy for a regional construction company.*

Keywords: *construction; region; market position; threats; strategy; SWOT analysis; volume of construction work; portfolio of orders; index of entrepreneurial confidence*

Строительство – важный элемент современной экономики, включающий создание нового объекта, проведение реконструкции, расширения, достройки, реставрации и ремонта объектов и выполнение монтажных работ; характеризующийся длительными сроками создания продукта, привязкой к месту постройки, большими единовременными капитальными затратами. Вопросами развития строительного рынка активно занимались многие отечественные и зарубежные авторы [1-12].

В региональном строительстве выделяются следующие виды трудовой деятельности: подготовка градостроительных решений, градостроительное зондирование, планировка территории, проведение изысканий, проектирование, строительное производство или строительно-монтажные работы (СМР) заключение контрак-

тов, финансовое обеспечение, экспертиза, контроль качества, ценовой и технологический аудит, инфраструктурное и коммуникационное обеспечение.

В зависимости от специализации строительные организации функционируют или в отдельном регионе (жилищно-гражданское строительство), узкоспециализированные компании работают на территории региона или территориях других регионов, сооружая объекты в соответствующих отраслях экономики (промышленное строительство – энергетика, транспорт, нефтегазодобывающая промышленность), межрегионально организована инфраструктура – производство строительных материалов, строительных машин и оборудования и т.п.

В настоящее время сложился высокотехнологичный региональный строительный рынок, представляющий собой открытую организационно-хозяйственную систему, межотраслевой хозяйственный комплекс. Его элементы включают субъекты, объекты, инфраструктуру, рыночный механизм, государственный контроль, регулирование и саморегулирование (рис. 1). Эффективность развития строительного рынка зависит от состояния соответствующего сегмента рынка, инвестиционной привлекательности региона, применяемых технологий, квалификации кадров и внешних факторов (нормативно-правовая база, налогообложение, конкуренция и т.п.).

Развитие регионального строительного рынка определило выделение на нем отдельных подсекторов: атомное, транспортное, подземное строительство, строительство объектов электроэнергетики, общестроительные, гидротехнические работы, инженерные сети, монтаж и пусконаладка [16].

В Проекте Стратегии развития строительной отрасли РФ до 2030 г. отмечено, что строительная отрасль находится перед долговременными вызовами, такими, как: конкуренция, технологические изменения, состояние человеческого капитала, исчерпание потенциала экспортно-сырьевой модели экономического развития страны [15].

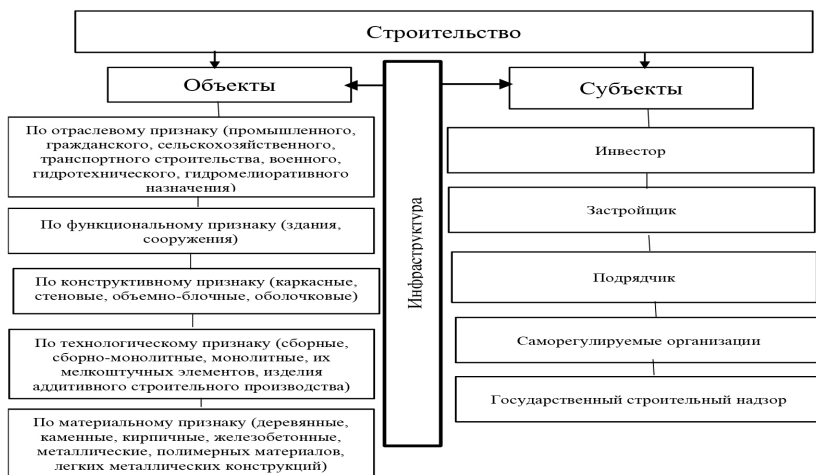


Рис. 1. Элементы регионального строительного регионального рынка

В рамках данной Стратегии происходит развитие строительной отрасли Смоленской области, которое пока имеет достаточно устойчивое положение и определенные перспективы развития. В 2019 г. доля строительства в ВРП составляет около 5%, тогда как в 2016 г. – 3,1% (в 2010 г. – 10,2%)[14] (рис. 2).



Рис. 2. Структура валового регионального продукта Смоленской области в 2019 г., %

На строительном рынке Смоленской области в кризис 2020 г. основными угрозами выступают несоответствия нормативных актов современным реалиям (например, по нормативам в размещении парковок,

по мусоропроводам в МКД при раздельном сборе мусора), сложности привлечения банков к финансированию проектов до 1 млрд. руб. или низкорентабельных строительных компаний и т.п.) и др. Высокие угрозы строительному рынку потребовали проведения консервативной стратегии в условиях кризиса (выполнение ранее взятых обязательств, при ограничении привлечения новых заказов и ассортимента строительного продукта, ведение мер антикризисного управления, сокращения затрат). В структуре затрат строительных компаний в 2019 г. материальные затраты составляют 71,7% (в 2015 г. – 68,4%), оплата труда – 13,2% (17,2%), страховые взносы – 3,8% (5,2%), амортизация – 3,8% (2,4%), прочие – 9,2% (6,7%), что связано с инфляционными процессами и повышением стоимости строительных материалов. SWOT – анализ строительного рынка в 2020 г. представлен в табл. 1.

Таблица 1.

SWOT – анализ строительного рынка Смоленской области

Сильные позиции	Слабые позиции
- Высокий спрос и потребность в жилье и его капремонте, обновления инженерной инфраструктуры; - Высокопрофессиональные государственные контрольные органы, система саморегулирования; - Конкурентная цена; - Обеспеченность строительными материалами; - Ипотечное и проектное финансирование; - региональное образование и подготовка специалистов отрасли	- Невысокая рентабельность отрасли; - Низкая техническая вооруженность и уровень использования мощностей, высокий износ основных фондов; - Некачественная система регионального планирования, зондирования, градостроительного законодательства; - Недостатки государственных / муниципальных заказов и контрактов; - Падение доходов потребителей строительной продукции
Возможности	Угрозы
- Вовлечение в оборот неохваченных территорий в жилищное строительство, включая сельские территории, в том числе под дачное строительство; - Невысокая обеспеченность жильем на 1 чел. по сравнению с другими странами и регионами и Проектом Стратегии; - Современные технологии в строительстве; - Госпрограммы по расселению из ветхого жилья; - Субсидирование ипотечных ставок	- Повышение стоимости строительной продукции при снижении доходов потребителей снижает спрос; - Уменьшение вложений в основной капитал; - Рост безработицы и другие факторы финансового кризиса; - Конкуренция со стороны компаний из других регионов, потерявшие своих покупателей; - Недостаточная престижность работы в отрасли

На строительном рынке Смоленской области участвуют компании разных форм собственности, из них преобладают частные предприятия – 98,5% (на начало 2020 г. из 1293 ед.: государственных – 10, муниципальных – 2, частных – 1273, смешанных – 1, с прочей формой – 7). В распоряжении строительных компаний находятся основные фонды в размере 2142,7 млн. руб. в 2019 г., что выше уровня 2005 г. на 52,6%. При этом их структура включает: 11,1% – здания, 49,7% – оборудование, 37,1% – транспортные средства, 0,3% – прочие. Но количество техники в собственности снижается (рис. 3).

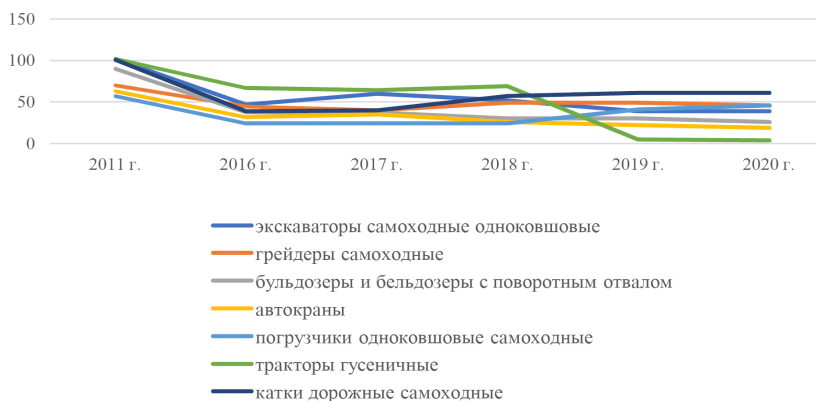


Рис. 3. Динамика основных строительных машин в строительных организациях Смоленской области, ед.

Износ основных фондов в строительстве достаточно высок: так на конец года в 2019 г. он составляет 57,9%, что выше показателя 2005 г. на 6,6%. Ввод в действие основных фондов растет с 153,3 млн. руб. в 2005 г. до 247,1 млн. руб. в 2019 г. (в 2018г. 388,3 млн. руб.). На конец 2020 г. средний уровень использования производственных мощностей строительных организаций, по данным Смолстата – 61%. За период с 2005 по 2019 года в отрасли происходило стабильное наращивание объема работ, выполненных по виду экономической деятельности «Строительство» [13] (рис.4).

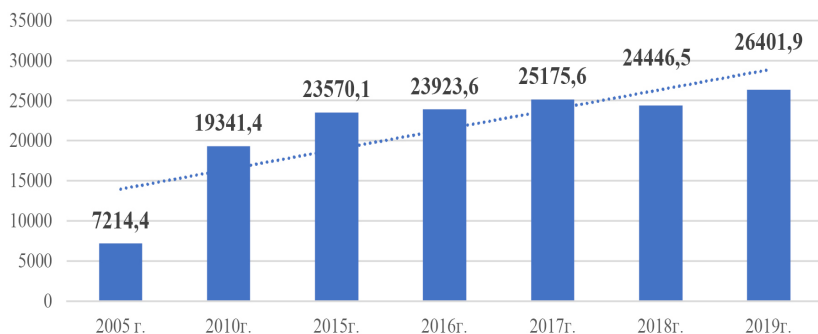


Рис. 4. Динамика объема работ, выполняемыми строительными компаниями в Смоленской области, млн. руб.

Можно отметить, что годовое введение в действие зданий выросло с 866 ед. (площадью и объемом соответственно, 302,7 тыс. м² и 1183,6 тыс. м³) в 2005 г. до 1872 ед. (726,1 м²; 3009,1 м³) в 2019 г., из них жилого назначения – с 861 (289,5 тыс. м²; 1158,9 тыс. м³) до 1768 (587,7 тыс. м²; 2084,3 тыс. м³), нежилого – с 5 (13,2 тыс. м²; 24,7 тыс. м³) до 104 (138,4 тыс. м²; 924,8 тыс. м³). Из регионального проекта «Жильё» от 10.05.2019 г. прогнозируются обеспечение ввода годового объема жилья к 2024 г. не менее, чем 0,734 млн. м² [17]. За 2019 г. в условиях предкризисной ситуации происходит небольшое снижение объема строительства к уровню предыдущего года на 5,3% (26401,9 млн. руб.), в том числе за 1 квартал – 13,6%, за 2 квартал – 13,2%, за 3 квартал – 3,7%, но за 4 квартал – рост 8,8%. В кризис 2020 г. (рост до 27229,6 млн. руб.) потери рынка (к аналогичному периоду 2019 г.) составили в 1 квартале – 6,8%, во 2 квартале – 0%, 3 квартал – 1,5%, в 4 квартале – уже рост 1,4%. На 01.10.2020 г. ипотечных жилищных кредитов выдано 12 882 млн. руб., выше аналогичного периода 2019 г. на 28,5%. Население обеспечено жильем на конец 2019 г. 29,4 м² на человека (в Стратегии определен уровень к 2030 г. достичь 33 м²) [15]. В 2020 г. было построено 5300 новых квартир, введено в эксплуатацию 56 МКД, населением построено 15841 жилых дома, площадь индивидуальной постройки составила 233,8 тыс. м².

При этом в среднем по Смоленской области на начало 2020 г. доля комплексно благоустроенным жильем обеспечено 57,6% жителей региона, на учете на получение жилья стоят 9,8 тыс. чел. Проект отраслевой Стратегии-2030 предполагает, что доля населения в РФ, удовлетворенного жилищными условиями и услугами, до 2024 года должна составить не менее 60%, а к 2030 году — не менее 70% [13,15].

В 2020 г. в Смоленской области средняя стоимость строительства на 1 м² общей площади по введенным в эксплуатацию МКД составляет 35 532 руб. (в соседней Брянской области 31572 руб.), в том числе в сельской местности — 33 949 руб., в городской — 34 668 руб.

Исходя из данных Департамента экономического развития Смоленской области, в регионе строительство осуществляется для предприятий следующих отраслей (млн. руб.): производство атомной электроэнергии (312,05), безалкогольной продукции (110), электротехнического оборудования (30), грунтов, субстратов, тукосмесей (1700), швейное производство (300), переработка древесины (270), сельскохозяйственное производство (14949,3), транспорт (1500), торговля (1630), аквапарк (1206), гостиница (500), складское хозяйство (300), культура (158), , прочие (685), всего: 23 650,35 млн. руб.; запланированы проекты в отраслевые объекты на предприятиях следующих отраслей: производство удобрений (22 386), ЖБИ (260), токопроводов (97), сельское хозяйство (8 870,6), перевооружение и реконструкция материально-технической базы АО «Смоленский авиационный завод» (1 112,9), производство ткани (800) и обуви (172,5), стекла (500), добыча и переработка торфа (600), складское хозяйство (500), создание парк-отеля «Сады Голицыных» (500), всего 35 799 млн. руб.

Таким образом, в разные отрасли осуществляется и планируется возведение производственных и социальных объектов в объеме капитальных вложений на сумму 59, 5 млрд. руб., где приоритетом выступает сельское хозяйство и переработка сельскохозяйственного сырья (40%), промышленность, транспорт и торговля, что соответствует специализации Смоленской области в советский период [18].

По опросам предпринимателей строительной отрасли в ходе исследования было выявлено, что индекс предпринимательской уверенности рос до конца 1 квартала 2020 г., затем было резкое его падение во 2 квартале до 30%, но затем положение по индексу стабилизировалось на ежеквартальном снижении при базовом и консервативном вариантах от положения к началу года на 5–10%, хотя они рассматривают уменьшение прогнозируемого портфеля заказов, который ими оценивается в среднем пессимистически: падение к концу 2021 г. на 20–35%.

На основании оценки строительного рынка и сделанных прогнозов можно выделить следующие пути развития строительного рынка:

- совершенствование нормативно-законодательной базы в соответствии с требованиями экономического кризиса, санкций, сокращения внешнего финансирования;
- изменение налогообложения строительных компаний (особенно условий по налогообложению НДС и налога на имущество);
- повышение контроля за качеством сдаваемого жилья, объемами незавершенного строительства;
- изменение системы госзаказа и заключения договоров с государственными структурами, включая привлечение небольших компаний.

В условиях ужесточения конкуренции, кризиса, глобализации и мирового общественного разделения труда только переход на государственное регулирование и финансирование отечественной экономики может спасти отрасли, включая строительную, и рабочие места в регионах.

Список литературы

1. Анфимова А.И., Челак С.В. Особенности построения стратегии развития строительной компании // Неделя науки СПбПУ, материалы научного форума с международным участием. Инженерно-экономический институт. Санкт-Петербургский политехнический

- университет Петра Великого, Инженерно-экономический институт; Ответственные редактора: О.В. Калинина, С.В. Широкова. 2015. С. 388-390.
2. Арефьева А.А., Колдеева Е.В. Границы мирового рынка строительных услуг как основа изучения данного рынка // Экономист года 2016. Сборник статей II Международного научно-практического конкурса. Пенза, 2016. С. 87-91.
 3. Кузьмич Н.П. Воздействие строительного рынка на рынок жилищной недвижимости в контексте эффективного использования земельных ресурсов // Общество: политика, экономика, право. 2016. № 9. С. 38-40.
 4. Кутлыева Г.М., Смирнова А.С. Формирование стратегии развития компаний строительной отрасли // Труды VIII Международной научно-практической конференции «Инженерные системы - 2015». Российский университет дружбы народов; Под редакцией Н.К. Пономарева. 2015. С. 410-414.
 5. Семененко В.Ю. Страны с развивающимися рынками на мировом рынке строительных услуг // Russian Economic Bulletin. 2020. Т. 3, №3. С. 121-127.
 6. Фоменко А.А. Оценка базовых стратегий факторов конкурентоспособности строительной компании // Уральский научный вестник. 2016. Т.4, №2. С. 57-70.
 7. Черепухин Т.Ю., Забабурина Н.В., Бибииков К.А. Строительный рынок – особенности и перспективы развития отрасли и рынка в России // 21 век: фундаментальная наука и технологии. Материалы XV международной научно-практической конференции. 2018. С. 86-91.
 8. Häkkinen T. Assessment of indicators for sustainable urban construction. 2007. P. 247-259.
 9. Lowe I. Shaping a sustainable future – an outline of the transition. 2009. P. 247-254.
 10. Sev Aysin A comparative analysis of building environmental assessment tools and suggestions for regional adaptations. 2011. P. 231-245.
 11. Huang R.- Y., Hsu W. Framework development for state-level appraisal indicators of sustainable construction. 2010. P.143-164.

12. Olagnero M. La questione abitativa e i suoi dilemmi // *Meridiana*. 2008. No. 62. P. 21-35.
13. Статистический ежегодник Смоленской области. 2020: Стат. сб./ Смоленскстат. С., 2020. 551 с. <https://sml.gks.ru/storage/media-bank/4R9S0NIK/esmc2020.pdf>
14. Постановление Администрации Смоленской области от 29 декабря 2018 г. № 981 «Об утверждении стратегии социально-экономического развития Смоленской области до 2030 года». <https://econ.admin-smolensk.ru/files/410/strategiya-socialno-ekonomicheskogo-razvitiya-smolenskoj-oblasti-do-2030-goda-v-red-postanovleniya-ot-19-05-2020-2.pdf>
15. Проект Стратегия развития строительной отрасли Российской Федерации до 2030 года. https://www.srogen.ru/upload/files/documents/strategy_text_13112019.pdf
16. Приказ Министерства регионального развития Российской Федерации от 30 декабря 2009 года N 624 (с изменениями на 14 ноября 2011 года) «Об утверждении Перечня видов работ по инженерным изысканиям, по подготовке проектной документации, по строительству, реконструкции, капитальному ремонту объектов капитального строительства, которые оказывают влияние на безопасность объектов капитального строительства». http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_97156/
17. Региональный проект «Жильё». <https://stjkh.admin-smolensk.ru/>
18. Мониторинг социально-экономического развития Смоленской области. <https://econ.admin-smolensk.ru/files/378/socialno-ekonomich-smolensk-za-3-kv-2020g-1.pdf>

References

1. Anfimova A.I., Chelak S.V. Osobennosti postroeniya strategii razvitiya stroitel'noy kompanii [Features of building a development strategy for a construction company]. *Nedelya nauki SPbPU, materialy nauchnogo foruma s mezhdunarodnym uchastiem* [SPbPU Science Week, materials of a scientific forum with international participation]. Engineering and Economics Institute. Peter the Great St. Petersburg Poly-

- technic University, Engineering and Economics Institute; editors: O.V. Kalinina, S.V. Shirokova, 2015, pp. 388-390.
2. Aref'eva A.A., Koldeeva E.V. Granitsy mirovogo rynka stroitel'nykh uslug kak osnova izucheniya dannogo rynka [The boundaries of the world market of construction services as the basis for studying this market]. *Ekonomist goda 2016. Sbornik statey II Mezhdunarodnogo nauchno-prakticheskogo konkursa* [Economist of the Year 2016. Collection of articles of the II International Scientific and Practical Competition]. Penza, 2016, pp. 87-91.
 3. Kuz'mich N.P. Vozdeystvie stroitel'nogo rynka na rynek zhilishchnoy nedvizhimosti v kontekste effektivnogo ispol'zovaniya zemel'nykh resursov [The impact of the construction market on the residential real estate market in the context of the effective use of land resources]. *Obshchestvo: politika, ekonomika, pravo*, 2016, no. 9, pp. 38-40.
 4. Kutlyeva G.M., Smirnova A.S. Formirovanie strategii razvitiya kompaniy stroitel'noy otrasli [Formation of a development strategy for companies in the construction industry]. *Trudy VIII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Inzhenernye sistemy - 2015»* [Proceedings of the VIII International Scientific and Practical Conference "Engineering Systems - 2015]. Peoples' Friendship University of Russia; Ed. N.K. Ponomarev, 2015, pp. 410-414.
 5. Semenenko V.Yu. Strany s razvivayushchimisya rynkami na mirovom rynke stroitel'nykh uslug [Countries with emerging markets in the global construction services market]. *Russian Economic Bulletin*, 2020, vol. 3, no. 3, pp. 121-127.
 6. Fomenko A.A. Otsenka bazovykh strategiy faktorov konkurentosposobnosti stroitel'noy kompanii [Assessment of basic strategies of factors of competitiveness of a construction company]. *Ural'skiy nauchnyy vestnik*, 2016, vol. 4, no. 2, pp. 57-70.
 7. Cherepukhin T.Yu., Zababurina N.V., Bibikov K.A. Stroitel'nyy rynek – osobennosti i perspektivy razvitiya otrasli i rynka v Rossii [Construction market - features and prospects for the development of the industry and the market in Russia]. *21 vek: fundamental'naya nauka i tekhnologii. Materialy XV mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [21st century: fundamental science and technology. Mate-

- rials of the XV international scientific and practical conference]. 2018, pp. 86-91.
8. Häkkinen T. Assessment of indicators for sustainable urban construction. 2007, pp. 247-259.
 9. Lowe I. Shaping a sustainable future – an outline of the transition. 2009, pp. 247-254.
 10. Sev Aysin A comparative analysis of building environmental assessment tools and suggestions for regional adaptations. 2011, pp. 231-245.
 11. Huang R.-Y., Hsu W. Framework development for state-level appraisal indicators of sustainable construction. 2010, pp. 143-164.
 12. Olagnero M. La questione abitativa e i suoi dilemma. *Meridiana*, 2008, no. 62, pp. 21-35.
 13. Statistical Yearbook of the Smolensk Region. 2020: Stat. sb./ Smolenskstat. S., 2020, 551 p. <https://sml.gks.ru/storage/mediabank/4R9S0NIK/esmc2020.pdf>
 14. Resolution of the Administration of the Smolensk region dated December 29, 2018 No. 981 “On approval of the strategy of socio-economic development of the Smolensk region until 2030”. <https://econ.admin-smolensk.ru/files/410/strategiya-socialno-ekonomicheskogo-razvitiya-smolenskoj-oblasti-do-2030-goda-v-red-postanovleniya-ot-19-05-2020-2.pdf>
 15. Draft Strategy for the development of the construction industry of the Russian Federation until 2030. https://www.srogen.ru/upload/files/documents/strategy_text_13112019.pdf
 16. Order of the Ministry of Regional Development of the Russian Federation of December 30, 2009 N 624 (as amended on November 14, 2011) “On approval of the List of types of work on engineering surveys, on the preparation of project documentation, on construction, reconstruction, overhaul of capital construction, which have an impact on the safety of capital construction projects”. http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_97156/
 17. ‘Zhile’ Regional project. <https://stjkh.admin-smolensk.ru/>
 18. Monitoring the socio-economic development of the Smolensk region. <https://econ.admin-smolensk.ru/files/378/socialno-ekonomich-smolensk-za-3-kv-2020g-1.pdf>

ДАННЫЕ ОБ АВТОРЕ

Сапожникова Светлана Михайловна, доцент кафедры «Экономика», кандидат экономических наук
Смоленский государственный университет
ул. Пржевальского, 4, г. Смоленск, 214010, Российская Федерация
ssm0668@mail.ru

DATA ABOUT THE AUTHOR

Svetlana M. Sapozhnikova, Associate Professor of the Department of Economics, Candidate of Economic Sciences
Smolensk State University
4, Przhevalsky Str., Smolensk, 214010, Russian Federation
ssm0668@mail.ru
ORCID: 0000-0002-1167-1999

AUTHOR GUIDELINES

<http://ijournal-as.com/>

Volume of the manuscript: 7-24 pages A4 format, including tables, figures, references; for post-graduates pursuing degrees of candidate and doctor of sciences – 7-10.

Margins all margins – 20 mm each

Main text font Times New Roman

Main text size 14 pt

Line spacing 1.5 interval

First line indent 1,25 cm

Text align justify

Automatic hyphenation turned on

Page numbering turned off

Formulas in formula processor MS Equation 3.0

Figures in the text

References to a formula (1)

Article structure requirements

TITLE (in English)

Author(s): surname and initials (in English)

Abstract (in English)

Keywords: separated with semicolon (in English)

Text of the article (in English)

1. Introduction.

2. Objective.

3. Materials and methods.

4. Results of the research and Discussion.

5. Conclusion.

6. Conflict of interest information.

7. Sponsorship information.

8. Acknowledgments.

References

References text type should be Chicago Manual of Style

DATA ABOUT THE AUTHORS

Surname, first name (and patronymic) in full, job title, academic degree, academic title

Full name of the organization – place of employment (or study) without compound parts of the organizations' names, full registered address of the organization in the following sequence: street, building, city, postcode, country

E-mail address

SPIN-code in SCIENCE INDEX:

ORCID:

ResearcherID:

Scopus Author ID:

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

<http://ijournal-as.com/>

Объем статей: 7-12 страницы формата А4, включая таблицы, иллюстрации, список литературы; для аспирантов и соискателей ученой степени кандидата наук – 7-9. Рукописи большего объема принимаются по специальному решению Редколлегии.

Поля все поля – по 20 мм.

Шрифт основного текста Times New Roman

Размер шрифта основного текста 14 пт

Межстрочный интервал полуторный

Отступ первой строки абзаца 1,25 см

Выравнивание текста по ширине

Автоматическая расстановка переносов включена

Нумерация страниц не ведется

Формулы в редакторе формул MS Equation 3.0

Рисунки по тексту

Ссылки на формулу (1)

Обязательная структура статьи

УДК

ЗАГЛАВИЕ (на русском языке)

Автор(ы): фамилия и инициалы (на русском языке)

Аннотация (на русском языке)

Ключевые слова: отделяются друг от друга точкой с запятой (на русском языке)

ЗАГЛАВИЕ (на английском языке)

Автор(ы): фамилия и инициалы (на английском языке)

Аннотация (на английском языке)

Ключевые слова: отделяются друг от друга точкой с запятой (на английском языке)

Текст статьи (на русском языке)

1. Введение.

2. Цель работы.

3. Материалы и методы исследования.

4. Результаты исследования и их обсуждение.

5. Заключение.

6. Информация о конфликте интересов.

7. Информация о спонсорстве.

8. Благодарности.

Список литературы

Библиографический список по ГОСТ Р 7.05-2008

References

Библиографическое описание согласно требованиям журнала

ДАННЫЕ ОБ АВТОРАХ

Фамилия, имя, отчество полностью, должность, ученая степень, ученое звание

Полное название организации – место работы (учебы) в именительном падеже без составных частей названий организаций, полный юридический адрес организации в следующей последовательности: улица, дом, город, индекс, страна (на русском языке)

Электронный адрес

SPIN-код в SCIENCE INDEX:

DATA ABOUT THE AUTHORS

Фамилия, имя, отчество полностью, должность, ученая степень, ученое звание

Полное название организации – место работы (учебы) в именительном падеже без составных частей названий организаций, полный юридический адрес организации в следующей последовательности: дом, улица, город, индекс, страна (на английском языке)

Электронный адрес

СОДЕРЖАНИЕ

КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТЬ ТРАНСПОРТНЫХ КОРИДОРОВ РОССИИ В СИСТЕМЕ МЕЖДУНАРОДНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ КОРИДОРОВ <i>Рочева О.А., Заринова Р.С., Морозова И.Г., Хамидуллина Ф.Р.</i>	7
ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ СКОРОСТИ ВОЗДУШНОГО ПОТОКА ПЕРЕД ФРОНТОМ РАДИАТОРА НА РАСХОД ТОПЛИВА ДВИГАТЕЛЕМ АВТОМОБИЛЯ <i>Хольшев Н.В., Коновалов Д.Н., Лавренченко А.А.</i>	17
РЕШЕНИЕ ТРАНСПОРТНОЙ ЗАДАЧИ С НЕЧЕТКО ОПРЕДЕЛЁННЫМИ ТАРИФАМИ <i>Агапова Е.Г., Попова Т.М.</i>	34
АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ КАМНЕДРОБИЛЬНОЙ УСТАНОВКОЙ <i>Мясников В.И., Морохин Д.В., Иванов А.В., Иванов Р.А.</i>	45
МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ ГЛУБИНЫ ЛЕДОВОЙ АБРАЗИИ ПОВЕРХНОСТИ БЕТОННЫХ ОБРАЗЦОВ <i>Анохин П.В., Беккер А.Т., Уварова Т.Э., Зверев А.А., Беляева Т.Д.</i>	59
СЕВЕРНЫЙ МОРСКОЙ ПУТЬ: НАУКОМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ИНФОРМАЦИОННЫХ МАССИВОВ БАЗ ДАННЫХ WEB OF SCIENCE И SCOPUS <i>Рыкова В.В.</i>	77

**РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ДЛЯ АНАЛИЗА
И РАЗГРУЗКИ ДОРОЖНОГО ТРАФИКА С ПРИМЕНЕНИЕМ
ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЕКТА**

***Ахметов Л.М., Биков Д.И., Хамидуллин М.Р.**87*

**СТРОИТЕЛЬНЫЙ РЫНОК СМОЛЕНСКОЙ
ОБЛАСТИ В ПЕРИОД ФИНАНСОВОГО КРИЗИСА
И ВЛИЯНИЯ ПАНДЕМИИ**

***Сапожникова С.М.**99*

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ 114

CONTENTS

COMPETITIVENESS OF RUSSIAN TRANSPORT CORRIDORS IN THE SYSTEM OF INTERNATIONAL TRANSPORT CORRIDORS

*Rocheva O.A., Zaripova R.S., Morozova I.G.,
Khamidullina F.R.7*

THEORETICAL STUDIES OF THE INFLUENCE OF THE AIR FLOW RATE IN FRONT OF THE RADIATOR FRONT ON THE FUEL CONSUMPTION OF THE CAR ENGINE

Holshev N.V., Lavrenchenko A.A., Konovalov D.N.17

SOLUTION OF THE TRANSPORT TASK WITH FUZZY DEFINED TARIFFS

Agapova E.G., Popova T.M.34

AUTOMATED CONTROL SYSTEM FOR STONE CRUSHING PLANT

*Myasnikov V.I., Morokhin D.V., Ivanov A.V.,
Ivanov R.A.45*

METHODS FOR MEASURING THE DEPTH OF ICE ABRASIA ON THE SURFACE OF CONCRETE SAMPLES

*Anohin P.V., Bekker A.T., Uvarova T.E.,
Zverev A.A., Belyaeva T.D.59*

THE NORTHERN SEA ROUTE: A SCIENTOMETRIC ANALYSIS OF INFORMATION ARRAYS IN WEB OF SCIENCE AND SCOPUS DATABASES

Rykova V.V.77

DEVELOPMENT OF A SYSTEM
FOR ANALYZING AND UNLOADING ROAD TRAFFIC
USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE
Akhmetov L.M., Bikov D.I., Khamidullin M.R.87

CONSTRUCTION MARKET
OF SMOLENSK REGION DURING THE PERIOD
FINANCIAL CRISIS AND PANDEMIC IMPACT
Sapozhnikova S.M.99

RULES FOR AUTHORS 114

Доступ к журналу

Доступ ко всем номерам журнала –
постоянный, свободный и бесплатный.
Каждый номер содержится в едином файле PDF.

Open Access Policy

All issues of the International Journal of Advanced Studies:
Transport and Information Technologies are always open and free access.
Each entire issue is downloadable as a single PDF file.

<http://ijournal-as.com/>

Подписано в печать 31.03.2021. Дата выхода в свет 31.03.2021. Формат 60x84/16. Усл. печ. л. 10. Тираж 999 экз. Свободная цена. Заказ ИАС111/021. Отпечатано с готового оригинал-макета в типографии «Издательство «Авторская Мастерская». Адрес типографии: ул. Пресненский Вал, д. 27 стр. 24, г. Москва, 123557 Россия.