



ISSN 2307-3489 (Print)
ISSN 2307-6666 (Online)



НАУКА ТА ПРОГРЕС ТРАНСПОРТУ

ВІСНИК ДНІПРОПЕТРОВСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО
УНІВЕРСИТЕТУ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ
ІМЕНІ АКАДЕМІКА В. ЛАЗАРЯНА

6(48)

•• 2013 ••

Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту
імені академіка В. Лазаряна

НАУКА ТА ПРОГРЕС ТРАНСПОРТУ

ВІСНИК ДНІПРОПЕТРОВСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ ІМЕНІ АКАДЕМІКА В. ЛАЗАРЯНА

Науковий журнал

6 (48) 2013

Виходить 6 разів на рік ♦ ♦ ♦ ♦ ♦ Заснований у серпні 2003 р.

Наука та прогрес транспорту
Автоматизовані системи управління на транспорті
Екологія на транспорті
Економіка та управління
Експлуатація та ремонт засобів транспорту
Електричний транспорт
Залізнична колія
Матеріалознавство
Моделювання задач транспорту та економіки
Нетрадиційні види транспорту
Промисловий транспорт
Рухомий склад залізниць і тяга поїздів
Транспортне будівництво
Розвиток вищої школи

Дніпропетровськ

2013

Засновник:
ДНІПРОПЕТРОВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ ІМЕНІ АКАДЕМІКА В. ЛАЗАРЯНА

ГОЛОВА РЕДАКЦІЙНОЇ РАДИ УНІВЕРСИТЕТУ
ГОЛОВНИЙ РЕДАКТОР ЖУРНАЛУ
ЗАСТУПНИК ГОЛОВНОГО РЕДАКТОРА
ВІДПОВІДАЛЬНИЙ СЕКРЕТАР

Пішінько О. М., доктор технічних наук
Мямлін С. В., доктор технічних наук
Козаченко Д. М., доктор технічних наук
Колесникова Т. О., кандидат наук
із соціальних комунікацій

ЧЛЕНИ РЕДАКЦІЙНОЇ КОЛЕГІЇ (УКРАЇНА):

Аксьонов І. М., Афанасов А. М., Банніков Д. О., Бараш Ю. С., Біляєв М. М., Бобирь Д. В., Бобровський В. І., Боднар Б. Є., Босов А. А., Вакуленко І. О., Верхоглядова Н. І., Власова Т. І., Габринєць В. О., Гаврилук В. І., Гетьман Г. К., Главацький К. Ц., Головкова Л. С., Гончаров К. В., Горобець В. Л., Дорогань Т. Є., Доценко О. М., Жуковицький І. В., Заблудовський В. О., Каламбет С. В., Капіца М. І., Ковтун В. В., Копитко В. І., Костін М. О., Кравець В. В., Краснюк А. В., Кривчик Г. Г., Кузнецов В. Г., Курган М. Б., Муха А. М., Мухіна Н. А., Настечик М. П., Нетеса М. І., Оковитий С. І., Очкасов О. Б., Петренко В. Д., Пічугов С. О., Пічурін В. В., Покотілов А. А., Полішко Т. В., Радкевич А. В., Радченко М. О., Ракша С. В., Рибкін В. В., Скалозуб В. В., Сніжко Л. О., Урсуляк Л. В., Штапенко Е. П., Яришкіна Л. О.

ІНОЗЕМНІ ЧЛЕНИ РЕДАКЦІЙНОЇ КОЛЕГІЇ:

Анісімов П. С. (Московський державний університет шляхів сполучення, Російська Федерація); Бялонь А. (Науково-технічний центр залізничного транспорту, Республіка Польща); Васяк І. (Інститут електроенергетики, Республіка Польща); Гусєв Б. В. (Московський державний університет шляхів сполучення, Російська Федерація); Долежел І. (Академія наук, Чеська Республіка); Зіммер К. (Електротехнічний інститут, Республіка Польща); Казакевич М. І. (Федеративна Республіка Німеччина); Лінгайтис В. Л. (Вільнюський технічний університет ім. Гедимінаса, Литва); Манашкін Л. А. (Технологічний університет Нью-Джерсі, США); Микульські Є. (Сілезький технологічний університет, Республіка Польща); Сладковські А. (Сілезький технологічний університет, Республіка Польща); Стржегельські Р. (Гданський морський університет, Республіка Польща); Худзікевич А. (Варшавський політехнічний університет, Республіка Польща).

Журнал зареєстровано Державною реєстраційною службою Міністерства юстиції України. Свідоцтво про реєстрацію КВ № 19609-9409ПР від 29.12.2012 р. Видання внесено до Переліку наукових фахових видань України постановами президії ВАК України № 1-05/6 від 16.12.2009 р. (технічні науки) та № 1-05/2 від 10.03.2010 р. (економічні науки). Журнал зареєстровано в міжнародних каталогах періодичних видань Ulrichsweb™ Global Serials Directory, OCLC WorldCat, наукометричних системах Google Scholar, Polish Scholarly Bibliography, eLibrary.ru, DOAJ, Index Copernicus. Друкується за рішенням вченої ради університету від 30.12.2013 р., протокол № 5

Видавець Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна (м. Дніпропетровськ) Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 1315 від 31.03.2003 р.

Адреса засновника та редакції вул. Лазаряна, 2, кім. 267, Дніпропетровськ, Україна, 49010 тел.: (056) 371-51-05; e-mail: lib@b.diit.edu.ua, visnik@diit.edu.ua; сайт журналу: <http://stp.diit.edu.ua/>

Видання публікується з 1936 р.:

1936–1993 рр. – «Труды Днепропетровского института инженеров железнодорожного транспорта»;
1993–2002 рр. – «Збірник наукових праць Дніпропетровського державного технічного університету залізничного транспорту» (за серіями);
2003–2012 рр. – «Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна»;
з 2013 р. – «Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна»

Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта
имени академика В. Лазаряна

НАУКА ТА ПРОГРЕС ТРАНСПОРТУ

**ВІСНИК ДНІПРОПЕТРОВСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ ІМЕНІ АКАДЕМІКА В. ЛАЗАРЯНА**

(НАУКА И ПРОГРЕСС ТРАНСПОРТА)

**ВЕСТНИК ДНЕПРОПЕТРОВСКОГО НАЦИОНАЛЬНОГО УНИВЕРСИТЕТА
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА ИМЕНИ АКАДЕМИКА В. ЛАЗАРЯНА)**

Научный журнал

6 (48) 2013

Выходит 6 раз в год ♦ ♦ ♦ ♦ ♦ Основан в августе 2003 г.

Наука и прогресс транспорта
Автоматизированные системы управления на транспорте
Экология на транспорте
Экономика и управление
Эксплуатация и ремонт средств транспорта
Электрический транспорт
Железнодорожный путь
Материаловедение
Моделирование задач транспорта и экономики
Нетрадиционные виды транспорта
Промышленный транспорт
Подвижной состав железных дорог и тяга поездов
Транспортное строительство
Развитие высшей школы

Днепропетровск

2013

Учредитель:
ДНЕПРОПЕТРОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА ИМЕНИ АКАДЕМИКА В. ЛАЗАРЯНА

*ПРЕДСЕДАТЕЛЬ РЕДАКЦИОННОГО
СОВЕТА УНИВЕРСИТЕТА*

Пшинько А. Н., доктор технических наук

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР ЖУРНАЛА

Мямлин С. В., доктор технических наук

ЗАМЕСТИТЕЛЬ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА

Козаченко Д. Н., доктор технических наук

ОТВЕТСТВЕННЫЙ СЕКРЕТАРЬ

Колесникова Т. А., кандидат наук
по социальным коммуникациям

ЧЛЕНЫ РЕДАКЦИОННОЙ КОЛЛЕГИИ (УКРАИНА):

Аксенов И. М., Афанасов А. М., Банников Д. О., Бараш Ю. С., Беляев Н. Н., Бобырь Д. В., Бобровский В. И., Боднар Б. Е., Босов А. А., Вакуленко И. А., Верхоглядова Н. И., Власова Т. И., Габринец В. А., Гаврилюк В. И., Гетьман Г. К., Главацкий К. Ц., Головкова Л. С., Гончаров К. В., Горобец В. Л., Дорогань Т. Е., Доценко Е. Н., Жуковицкий И. В., Заблудовский В. А., Каламбет С. В., Капица М. И., Ковтун В. В., Копитко В. И., Костин Н. А., Кравец В. В., Краснюк А. В., Кривчик Г. Г., Кузнецов В. Г., Курган Н. Б., Муха А. М., Мухина Н. А., Настечик М. П., Нетеса Н. И., Оковитый С. И., Очкасов А. Б., Петренко В. Д., Пичугов С. А., Пичурин В. В., Покотилев А. А., Полишко Т. В., Радкевич А. В., Радченко Н. А., Ракша С. В., Рыбкин В. В., Скалозуб В. В., Снежко Л. А., Урсуляк Л. В., Штапенко Е. П., Яришкина Л. А.

ИНОСТРАННЫЕ ЧЛЕНЫ РЕДАКЦИОННОЙ КОЛЛЕГИИ:

Анисимов П. С. (Московский государственный университет путей сообщения, Российская Федерация); Бялонь А. (Научно-технический центр железнодорожного транспорта, Республика Польша); Васяк И. (Институт электроэнергетики, Республика Польша); Гусев Б. В. (Московский государственный университет путей сообщения, Российская Федерация); Долежел И. (Академия наук, Чешская Республика); Зиммер К. (Электротехнический институт, Республика Польша); Казакевич М. И. (Федеративная Республика Германия); Лингайтис В. Л. (Вильнюсский технический университет им. Гедиминаса, Литва); Манашкин Л. А. (Технологический университет Нью-Джерси, США); Микульски Е. (Силезский технологический университет, Республика Польша); Сладковски А. (Силезский технологический университет, Республика Польша); Стржеleckи Р. (Гданьский морской университет, Республика Польша); Худзикевиц А. (Варшавский политехнический университет, Республика Польша).

Журнал
зарегистрирован Государственной регистрационной службой Министерства юстиции Украины.
Свидетельство о регистрации КВ № 19609-9409ПР от 29.12.2012 г.
Издание внесено в Перечень научных специализированных изданий Украины постановлением президиума ВАК Украины № 1-05/6 от 16.12.2009 г. (технические науки) и № 1-05/2 от 10.03.2010 г. (экономические науки).
Журнал зарегистрирован в международных каталогах периодических изданий Ulrichsweb™ Global Serials Directory, OCLC WorldCat, наукометрических системах Google Scholar, Polish Scholarly Bibliography, eLibrary.ru, DOAJ, Index Copernicus.

Печатается по решению ученого совета университета от 30.12.2013 г., протокол № 5

Издатель Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна (г. Днепропетровск)
Свидетельство субъекта издательского дела ДК № 1315 от 31.03.2003 г.

Адрес ул. Лазаряна, 2, ком. 267, Днепропетровск, Украина, 49010, тел.: (056) 371-51-05;
учредителя e-mail: lib@b.diit.edu.ua, visnik@diit.edu.ua; сайт журнала: <http://stp.diit.edu.ua/>

Издание публикуется с 1936 г.:

- 1936–1993 гг. – «Труды Днепропетровского института инженеров железнодорожного транспорта»;
- 1993–2002 гг. – «Збірник наукових праць Дніпропетровського державного технічного університету залізничного транспорту» (за серіями);
- 2003–2012 гг. – «Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна»;
- с 2013 г. – «Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна»

Dnipropetrovsk National University of Railway Transport
named after Academician V. Lazaryan

NAUKA TA PROGRES TRANSPORTU

VÌSNIK DNÌPROPETROVS'KOGO NACÌONAL'NOGO UNÌVERSITETU
ZALÌZNIČNOGO TRANSPORTU

(SCIENCE AND TRANSPORT PROGRESS

BULLETIN OF DNIPROPETROVSK NATIONAL UNIVERSITY OF RAILWAY
TRANSPORT NAMED AFTER ACADEMICIAN V. LAZARYAN)

Scientific journal

6 (48) 2013

Bi-Monthly ♦ ♦ ♦ ♦ ♦ Founded in August 2003

Science and Transport Progress
Transport Automated Control Systems
Transport Ecology
Economics and Management
Operation and Repair of Transport Means
Electric Transport
Railway Track
Material Science
Transport and Economic Tasks Modeling
Non-Traditional Transport Modes
Industrial Transport
Rolling Stock and Train Traction
Transport Construction
High School Development

Dnipropetrovsk

2013

Founder:
 DNIPROPETROVSK NATIONAL UNIVERSITY OF RAILWAY TRANSPORT
 NAMED AFTER ACADEMICIAN V. LAZARYAN

Chairman of the Editorial Board of the University
 Editor-in-Chief
 Deputy Chief Editor
 Executive Secretary

Pshinko O. M., Doctor of Technical Sciences
 Myamlin S. V., Doctor of Technical Sciences
 Kozachenko D. M., Doctor of Technical Sciences
 Kolesnikova T. O., PhD of Social Communications

EDITORIAL BOARD MEMBERS (UKRAINE):

Afanasov A. M., Aksenov I. M., Bannikov D. O., Barash Yu. S., Biliaiev M. M., Bobrovskiy V. I., Bobyr D. V., Bodnar B. J., Bosov A. A., Crivchick G. G., Dorohan T. E., Dotsenko O. M., Gabrync V. A., Gavrilyuk V. I., Getman G. K., Glavatskiy K. Ts., Golovkova L. S., Goncharov K. V., Gorobets V. L., Kalambet S. V., Kapitsa M. I., Kopytko V. I., Kostin M. O., Kovtun V. V., Krasnyuk A. V., Kravets V. V., Kurgan M. B., Kuznetsov V. G., Mukha A. M., Mukhina N. A., Nastechik N. P., Netesa N. I., Ochkasov O. B., Okovytyy S. I., Petrenko V. D., Pichugov S. O., Pichurin V. V., Pokotilov A. A., Polishko T. V., Radchenko N. A., Radkevych A. V., Raksha S. V., Rybkin V. V., Shtapenko E. P., Skalozub V. V., Snizhko L. O., Ursulyak L. V., Vakulenko I. O., Verkhoglyadova N. I., Vlasova T. I., Yarishkina L. O., Zabludovskiy V. O., Zhukovytsky I. V.

FOREIGN MEMBERS OF EDITORIAL BOARD:

Anisimov P. (Moscow State University of Railway Engineering, Russian Federation); Byalon A. (Science and Technology Center of Railway Transport, Republic of Poland); Chudzikiewicz A. (Transport Warsaw University of Technology, Republic of Poland); Dolezel I. (Academy of Sciences, Czech Republic); Gusev B. (Moscow State University of Railway Engineering, Russian Federation); Kazakevich M. (Federal Republic of Germany); Lingaitis V. L. (Vilnius Gediminas Technical University, Lithuania); Manashkin L. (New Jersey Institute of Technology, USA); Mikulski J. (Silesian University of Technology, Republic of Poland); Sladkowski A. (Silesian University of Technology, Republic of Poland); Strzelecki R. (Gdynia Maritime University, Republic of Poland); Wasiak I. (Institute of Electrical Power Engineering, Republic of Poland); Zimmer K. (Electrotechnical Institute, Republic of Poland)

Journal was registered by the State Registration Service of the Ministry of Justice of Ukraine.
 Certificate of Registration KB no.19609-9409PR from 29.12.2012
 Edition is included in the list of scientific professional publications of Ukraine by the Resolution of Presidium of HAC (Higher Attestation Commission) of Ukraine no. 1-05/6 from 16.12.2009 (technical sciences) and no. 1-05/2 from 10.03.2010 (economic sciences).
 Journal is registered in the International Catalogue of periodicals Ulrichsweb™ Global Serials Directory, OCLC WorldCat, research and metric systems Google Scholar, Polish Scholarly Bibliography, eLibrary.ru, DOAJ, Index Copernicus.
 Published according to the Academic Council decision of the University from 30.12.2013, Protocol no. 5

Publisher Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan (Dnipropetrovsk)
 Certificate of Publisher ДК no. 1315 from 31.03.2003

Address of Founder St. Lazaryana, 2, room 267, Dnipropetrovsk, Ukraine, 49010, tel.: (056) 371-51-05;
 e-mail: lib@b.diit.edu.ua, visnik@diit.edu.ua; journal site: http://stp.diit.edu.ua/

Edition is being published since 1936:

1936–1993 – «Труды Днепропетровского института инженеров железнодорожного транспорта»;
 1993–2002 – «Збірник наукових праць Дніпропетровського державного технічного університету залізничного транспорту» (за серіями);
 2003–2012 – «Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна»;
 since 2013 – «Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна»

НАУКА ТА ПРОГРЕС ТРАНСПОРТУ

УДК [050:656.2]:001.31

Т. А. КОЛЕСНИКОВА^{1*}

^{1*}Научно-техническая библиотека, Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, Днепропетровск, Украина, 49010, тел. +38 (056) 371 51 05, эл. почта lib@b.diit.edu.ua

ИНТЕГРАЦИЯ УКРАИНСКОЙ ОТРАСЛЕВОЙ НАУЧНОЙ ПЕРИОДИКИ В МИРОВОЕ НАУЧНО-ИНФОРМАЦИОННОЕ ПРОСТРАНСТВО: ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ

Цель. Актуальной для украинской науки является проблема недостаточной репрезентативности публикаций ученых, в т. ч. – транспортников, в международных наукометрических базах данных. Для ее решения необходимо исследование структуры и качества информационного потока научной периодики железнодорожных вузов Украины; определение алгоритма интеграции научных публикаций ученых Украины в мировое научно-информационное пространство. **Методика.** Применяя методы научного анализа, обобщения, аналогии, сравнения, прогноза, автором была исследована проблема распространения научных знаний посредством формальных коммуникаций. Проведен анализ готовности железнодорожной периодики Украины к процедуре регистрации в международных наукометрических системах. Исследован уровень представительства статей и авторов железнодорожных вузов Украины в наукометрической БД Scopus. **Результаты.** Мониторинг порталов вузов железнодорожной отрасли Украины и сайтов их научной периодики, анализ полученных данных доказывают недостаточный уровень готовности большинства научных изданий к представлению в наукометрических БД. Предложены пути обеспечения достаточной «видимости» отраслевой периодики вузов Украины в глобальном научном инфопространстве. **Научная новизна.** Впервые исследовались структура и качество документального потока научной периодики вузов железнодорожного транспорта Украины и его отражение в наукометрической БД Scopus. Очерчены основные направления деятельности вузов по интеграции результатов научных исследований ученых-транспортников в мировую научную цифровую среду. Определена ведущая роль университетских библиотек в процессах интеграции документальных научных ресурсов вузов в глобальное научно-информационное коммуникативное пространство. **Практическая значимость.** Реализация предложенного автором алгоритма действий вузов Украины по интеграции научных публикаций ученых в мировую цифровую среду позволит повысить значимость украинских научных периодических изданий, в т. ч. – железнодорожной тематики, повлиять на положительную динамику в рейтинге вуза, укрепить авторитет украинской науки в мире и привлечь потенциальных инвесторов.

Ключевые слова: научные коммуникации; научная периодика; периодическое издание по железнодорожному транспорту; интеграция научных публикаций; железнодорожные вузы; университетские библиотеки; наукометрические БД; альтметрикс; репозитории; е-журналы; OJS; информационное обеспечение ученых; новая редакционная политика; БД Scopus; ORCID; DOI; ДНУЖТ

Введение

Уровень развития науки любой страны определяется тремя основными показателями – качественная фундаментальная наука, развитые прикладные исследования и высокоэффектив-

ная система разработок. Ученые отмечают, что на сегодняшний день прикладные науки (в связи с отступлением фундаментальных) начинают постепенно занимать доминирующую позицию, и этим обусловлена реальность приобре-

НАУКА ТА ПРОГРЕС ТРАНСПОРТУ

тения экономикой инновационного характера в большинстве стран мира [6, с. 21; 7]. При этом одним из решающих факторов для обеспечения успеха в инновационной деятельности, оперативного внедрения в производство перспективных изобретений и новейших технологий является реализация альтернативной модели научной коммуникации (e-science, e-research, e-learning). Она предполагает информационное обеспечение, аналитическое сопровождение научных исследований и распространение их результатов в пространстве виртуальных коммуникаций.

Изучение современных проблем формальных и неформальных научных коммуникаций постоянно находится в центре внимания мировой науки. Так, А. Шемаева рассматривает вопросы расширения и обогащения каналов, средств, инструментов информационного обмена в процессах научных исследований [11]. Использованию электронных библиографических баз данных для объективной наукометрической характеристики состояния и тенденций развития фундаментальных и прикладных исследований посвящено большинство публикаций специализированных журналов «Journal of Informetrics» и «Scientometrics» [14, 16, 17, 19, 20, 22]. Общее состояние комплектования входного документального потока ВИНТИ научными изданиями стран СНГ и Балтии, увеличение количества некачественных изданий по экономике, социологии, финансам, рекламной деятельности в ущерб первоисточникам по фундаментальной и прикладной науке, техническим и технологическим разработкам стали предметом обсуждения ежегодной московской международной конференции «НТИ–2012. Актуальные проблемы информационного обеспечения науки, аналитической и инновационной деятельности» [5, 6, 9]. Пути создания, отличительные черты, цели и средства национальных индексов цитирования – ведущая тема исследований ряда украинских и зарубежных ученых [4, 8, 18, 19]. Постоянными для исследований являются также вопросы количественных и качественных оценок в конкретных областях знаний [1, 12, 21]. Появление новых оценочных методик, построенных на основе социального веба для анализа ситуации и информирования мирового научного сообщества, – альтметрикс – зафиксировано в работах [13, 17].

В то же время, несмотря на постоянное изучение структуры и качества информационного потока, практически неисследованными остаются вопросы оценки научного информационного обеспечения транспортной отрасли Украины, уровня интегрированности отечественных ученых-транспортников в мировую систему научных коммуникаций, в частности – проблема недостаточной репрезентативности публикаций ученых Украины в международных наукометрических базах данных.

Цель

Исходя из вышеизложенного, целью статьи является анализ мирового опыта распространения научной информации (документальной и недокументальной) в пространстве виртуальных коммуникаций; исследование структуры и качества информационного потока научной периодики железнодорожных вузов Украины; определение алгоритма интеграции научных публикаций ученых Украины в мировое научно-информационное пространство (полнотекстовые, реферативные и наукометрические базы данных, поисковые и справочные системы).

Методика

Теоретической базой исследования стали публикации, освещающие эволюционное развитие социальных коммуникаций, коэволюционные (взаимосвязанные и взаимозависимые) процессы развития науки, научных коммуникаций, издательств и научных библиотек, современные процессы в наукометрии, библиометрии, информатике и Webometrics. В работе использованы методы научного анализа, обобщения, аналогии, сравнения, прогноза.

Система научных коммуникаций является составной частью более общей системы социальных коммуникаций и рассматривается как информационное пространство, где формируются и распространяются научные знания. Изучение отраслевых научных коммуникаций как совокупности видов профессионального общения способствует определению путей трансформации структуры научной организации, преодолению относительной изоляции отдельных научных отраслей, более качественному взаимодействию исследователей и экспертизе полученных результатов.

НАУКА ТА ПРОГРЕС ТРАНСПОРТУ

Изучение системы профессиональных (в т. ч. в области железнодорожного транспорта) научных коммуникаций необходимо рассматривать в совокупности характеристик средств и каналов формальной и неформальной коммуникаций. Так, документально зафиксированные формы научной информации являются основным средством формальной коммуникации (научные журналы, материалы конференций, монографии и другие издания в печатном или электронном видах). Неформальная же коммуникация предполагает такие виды и формы взаимодействия ученых, которые не являются обязательными для воспроизведения в фиксированных формах (семинары, вебинары, конференции, переписка, личные сайты исследователей, научные блоги и блокноты и т. д.). Но в то же время это всегда межличностное общение теоретиков и практиков науки, в процессе которого формируются, уточняются и развиваются новые научные знания.

Анализ профессиональной прессы и информации в социальных сетях фиксирует новые реалии научного мира. Наблюдается стремительный рост онлайн-активности ученых, который сопровождается появлением новых оценочных методик, построенных на основе социального веба для анализа ситуации и информирования мирового научного сообщества, – альтметрикс [13, 17]. Альтметрикс – новое понятие в научной коммуникации, связанное с веб-аналитикой и Интернет-маркетингом.

В нашем исследовании мы акцентируем внимание на вопросах создания и распространения научных знаний с помощью формальных коммуникаций, так как именно они являются основой количественного и качественного исследования науки и научного общения посредством публикаций – наукометрии.

В 2009 г. к нормативным показателям оценивания эффективности научной деятельности вузов Украины был добавлен индекс научного цитирования, позволяющий оценить уровень публикационной активности и научной метрики ученых. В 2012 г. Министерством образования и науки, молодежи и спорта Украины изданы приказы (№ 1111 «Про опублікування результатів дисертацій на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук» и № 1112 «Про затвердження Порядку формування Переліку наукових фахових видань України»), стимули-

рующие творческую активность ученых не только в создании качественных публикаций, но и в расширении географии их опубликования. Данные документы явились также импульсом, подтолкнувшим научные издательства и научные библиотеки к активным действиям по **включению изданий в международные наукометрические базы данных**. Это, в свою очередь, предполагает **новую редакционную политику** в отношении структуры и качества статей, их лицензирования и этики публикаций, пересмотра состава редакционной коллегии, презентации издания в Интернет-пространстве (создание веб-сайта с обязательным наличием англоязычной страницы, реклама, форумы, социальные сети и т. п.) и другие аспекты.

Закон кумуляции коммуникационных каналов (закон ККК) гласит, что более поздние общественные коммуникационные системы (ОКС) включают коммуникационные каналы предыдущих систем, правда, в технически модернизированном виде. Поэтому, помимо указанных выше действий, приближающих уровень собственных изданий вузов и других научных учреждений к требованиям международных наукометрических БД, приобретают новое наполнение и смысл **векторы деятельности по информационному цифровому сопровождению научных исследований и продвижению их результатов в мировое информационное пространство**, а именно:

I. Расширение номенклатуры отечественных и зарубежных научных **информационных ресурсов** за счет приобретения библиотеками доступов к лицензированным электронным полнотекстовым и наукометрическим базам данных.

II. Организация новых направлений в работе университетов (академий, институтов), связанных с продвижением научных публикаций в международное научно-информационное пространство:

а) создание институциональных репозитариев (цифровых архивов научного творчества);

б) организация системы сайтов научной периодики вузов и их интеграция в национальную систему (в Украине – на платформе OJS);

в) создание навигационной системы ориентации в отраслевых и универсальных полнотекстовых, реферативных и наукометрических базах данных (через сайт библиотеки как «единое окно»);

НАУКА ТА ПРОГРЕС ТРАНСПОРТУ

г) проведение научно-практических семинаров для ученых, что связано с новыми требованиями к публикационной деятельности, ориентацией и доступом к научной информации, самоархивированию произведений и т. д.;

д) расширение рекламной деятельности в реальном и виртуальном пространствах (выставки, записи в Википедии, флаера, анонсы и новостные ленты на сайтах изданий, библиотек, центров оперативной полиграфии, университетских порталах и т. п.).

III. Развитие информационно-аналитической деятельности, связанной с мониторингом мирового научного информационного потока, анализом уровня цитирования ученых и индексов влияния периодических изданий вузов, продвижением научных трудов (периодики, материалов конференций, монографий) в мировые библио- и наукометрические БД. Необходимо учитывать тот факт, что, кроме статей и обзоров из научных журналов, являющихся основными источниками информации, индексы цитирования наукометрических баз данных также охватывают диссертации, патенты, рефераты.

Реализация данных действий предотвратит «распыление» научно-информационных ресурсов каждого научного учреждения, позволит консолидировать их на уровнях внутреннего и внешнего (национального, международного) информационных коммуникационных пространств, повысит значимость украинских научных изданий и авторитет украинской науки в целом. При этом, как отмечают ученые, ведущую роль по информационному обеспечению, аналитическому сопровождению научных исследований и распространению их результатов в пространстве виртуальных коммуникаций занимают университетские библиотеки [2, 3, 10, 11].

Рассматривая вопрос о «видимости» результатов научных исследований ученых и организаций Украины для мирового научного сообщества, следует отметить, что информационную среду профессионального общения ученых создают совместно все виды научной коммуникации. Но при этом неоспоримыми лидерами среди источников информации, востребованных учеными всего мира, являются журнальные статьи. Так, согласно реестру ISSN (International Standard Serial Number), количест-

во сериальных изданий в мире превышает миллион, в т. ч. научных журналов – более ста тысяч [15].

Сегодня редакции научных журналов Украины, преодолевая сложившуюся тенденцию их слабого представительства в мировых научно-информационных системах, активизировали действия по он-лайн интеграции периодики в мировые каталоги, наукометрические системы, реферативные и полнотекстовые базы данных, в директории репозитариев (цифровых архивов) открытого доступа, в коллекции крупных университетских и национальных библиотек разных стран и т. д.

Такая деятельность для большинства университетов Украины, издающих, как правило, не меньше 3–4 журналов (сборников научных трудов), является новой, не подкрепленной соответствующей методической и практической базой и наличием координирующих действий со стороны МОН. Это, конечно же, вызывает некоторую растерянность и «метания» в поисках нахождения ответов на, казалось бы, простые вопросы.

Постараемся ответить на самые важные из них (с нашей точки зрения) в данной статье.

Безусловно, первым шагом издающей организации, уже получившей на периодическое издание ISSN (print) и выполнившей главную заповедь глобального научного сообщества – **«информировать на английском»** (в нашем случае – представить все элементы данных, содержащихся в журнале, на английском языке, т. к. они выступают информационными индикаторами для оценки ученых, журналов, организаций, отечественной науки), должна **стать регистрация** научного журнала (сборника) в международной справочной системе по периодическим и продолжающимся изданиям «Ulrichsweb™ Global Serials Directory». Включение журнала в эту систему осуществляется после направления редакцией (или другими службами, осуществляющими интеграцию издания в международное инфопространство), заполненной онлайн-анкеты, взятой с сайта системы (<http://www.ulrichsweb.com>).

Ключевым моментом для развития журнала является наличие собственного сайта и последующая его регистрация с получением номера **ISSN (online)**. С нашей точки зрения, для университетских издательств Украины и стран

НАУКА ТА ПРОГРЕС ТРАНСПОРТУ

постсоветского пространства самым перспективным вариантом создания не просто сайта научного журнала, а полноценной научно-издательской электронной среды (целостного журнального сервера) является **использование платформы OJS** (Open Journal Systems – Открытые журнальные системы). OJS – это бесплатный программный пакет с открытым выходным кодом. Он предназначен для обеспечения технологического сопровождения на уровне отдельного журнала или журнальной коллекции процессов онлайн-взаимодействия с авторами научных текстов, редакционной и каталогизационной обработки рукописи, формирования и публикации полных текстов научных статей, послепубликационной поддержки научно-информационных ресурсов, управления подписками, формирования статистических отчетов, архивирования полнотекстового содержания и др. [10]. С 2001 г. OJS, разработанный в рамках совместного исследовательского проекта канадских и американских университетов и академических библиотек Public Knowledge Project, является одним из самых популярных в мире технологических решений в индустрии научного издания.

Для украинских сайтов научных периодических изданий, функционирующих на платформе OJS, рекомендуем **подключиться к новому общегосударственному portalу «Научная периодика Украины»** (<http://journals.urau.ua/>), который поддерживается и курируется УРАНОм (Ассоциацией пользователей научно-образовательной телекоммуникационной сети университетов Украины). Новый портал, интегрируя локальные внедрения OJS в общегосударственную платформу с расширенным поисковым и наукометрическим инструментарием, консолидирует на национальном уровне научно-информационный ресурс, оказывает технологическую поддержку издателям научной периодики, а также положил начало Украинскому индексу научного цитирования и т. д.

Необходимо иметь в виду, что существующий уже несколько лет интернет-портал «Научная периодика Украины» (репозиторий Национальной библиотеки Украины им. В. Вернадского – <http://archive.nbuv.gov.ua/portal>) является одним из крупнейших в мире открытых цифровых архивов научных трудов и содержит в своих коллекциях только их электронные ко-

пии. По этой причине интеграция научных периодических изданий в международные наукометрические базы данных с этого портала вряд ли возможна.

Продолжая непосредственную деятельность по интеграции научных публикаций в глобальную цифровую среду, в т. ч. в наукометрические базы данных, издающим организациям необходимо учитывать некоторые моменты.

Наукометрическая база данных (НБД) – это совокупность библиографической БД, содержащей полный набор метаданных публикации, и наукометрического инструментария для установления взаимосвязей между публикациями в целях определения индексов их цитирования. НБД, с помощью которых определяется уровень публикационной активности ученых и влияние научных изданий, проводятся аналитико-прогностические исследования по регионам и отраслям науки, можно **разделить на три основные уровневые группы**.

1. Национальные НБД (тематические, политематические). Данная группа отражает универсальную информацию о публикациях ученых из конкретных стран или ряда стран, исторически имеющих между собой тесные научные связи. Например, Российский индекс научного цитирования – РИНЦ (Россия), Chinese Science Citation Index (Китай), Taiwan Humanities Citation Index (Тайвань), Citation Database for Japanese Papers (Япония), Malaysian Citation Index – MyCite (Малайзия), Islamic World Science Citation – ISC (57 исламских государств), Australian Transport Index – ATRI (Австралия и Новая Зеландия), Polish Scholarly Bibliography (Польша), Canadian Periodicals – CPI.Q (Канада), Indian Science Citation Index (Индия), Serbian Citation Index (Сербия), Turkey Citation Index (Турция), Sri Lanka Science Index (Шри-Ланка), ряд НБД Испании: Espacolas Journals of Social Sciences and Humanities – RESH (гуманитарные и общественные науки), Potential impact factor in the Spanish (биомедицина), Impact Index of Spanish Journal of Legal Studies (юридические науки) и другие.

Как уже указывалось выше, формированием украинской базы данных научных периодических изданий, по которым будет определяться национальный индекс цитирования, и разработкой наукометрического инструментария к ней занимается УРАН при финансовой под-

НАУКА ТА ПРОГРЕС ТРАНСПОРТУ

держке Государственного агентства по вопросам науки, информации и информатизации Украины [8]. Руководитель проекта – Ю. И. Якименко, академик НАН Украины, ответственный исполнитель – Д. В. Соловяненко, канд. ист. наук, зав. сектора научно-технической библиотеки Национального технического университета Украины «Киевский политехнический институт». Дата сдачи первой очереди работ (сервера с прототипом индекса) – 20 декабря 2013 г.

Ученые утверждают, что наличие национального индекса научного цитирования свидетельствует об уровне развития культуры нации и ее информационно-технологических возможностях [4].

2. НБД по конкретным областям знаний.

Данные информационно-поисковые системы специализируются в конкретных предметных отраслях и обеспечивают таким образом более глубокое освещение (во времени и тематике) глобальных массивов научных и профессиональных публикаций. К данной группе относятся тематические библиографические базы данных, например, Chemical Abstract Service (химия), Engineering Index – Compendex (инженерные и прикладные науки), MathSciNet (математика), CitEc (экономика), INIS Atomindex (ядерная информация), DBLP и CiteSeerX (компьютерные и информационные науки), IEEE Xplore (электротехника, информатика и электроника) и др. Но необходимо подчеркнуть, что на сегодняшний день еще далеко не все тематические библиографические БД снабжены механизмами установления взаимосвязей между публикациями и поэтому не являются полноценными источниками получения данных для исследований в области наукометрии. Другими словами, они не позволяют определять индекс цитирования.

3. Международные политематические НБД. К данной группе относятся универсальные (мультидисциплинарные) базы данных: Web of Science, SciVerse Scopus, Google Scholar, Index Copernicus, DOAJ – Directory of Open Access Journals.

Самыми известными среди них являются Web of Science (WOS) и SciVerse Scopus (Scopus). WOS состоит из трех баз – Science Citation Index (данные о цитировании публикаций из журналов по природным (естественным) и техническим наукам), Social Sciences Citation

Index (данные о цитировании публикаций из журналов по общественным наукам), Arts&Humanities Citation Index (данные о цитировании публикаций из журналов по гуманитарным наукам и искусству). Классификация же Scopus включает 24 тематических раздела по 4 направлениям – физические науки (в т. ч. инженерия, энергетика, материаловедение, IT-технологии), медицинские и социогуманитарные науки, а также науки о жизни.

Необходимо иметь в виду, что каждая из наукометрических систем имеет свои индексы цитирования. По каким-то отдельным моментам эти индексы могут отличаться, но в основном – совпадают. В то же время это означает, что в разных НБД автор одной и той же статьи будет иметь неодинаковые показатели цитирования.

Научные периодические издания транспортной отрасли Украины, как, впрочем, и большинство всей национальной периодики, достаточно слабо представлены на всех уровнях наукометрических БД. Именно поэтому приоритетным заданием для редакций должно стать **включение научных журналов (сборников) в наукометрические системы посредством электронных коммуникаций.**

Показателен в этом отношении опыт Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна (ДНУЖТ). Так, семь научных периодических изданий ДНУЖТ имеют собственные трехязычные сайты (на OJS) и объединены на портале университета в систему «Электронные журналы ДНУЖТ» (<http://ejournals.diit.edu.ua/>). Два из них («ваковские»: «Наука та прогрес транспорту. Вісник...», <http://stp.diit.edu.ua/> и «Антропологічні виміри філософських досліджень», <http://ampr.diit.edu.ua/>) уже имеют достаточную интегрированность в международное научное инфопространство. Они зарегистрированы (данные на октябрь 2013 г.) в международных каталогах (UlrichswebTM Global Serials Directory, OCLC-WorldCat), наукометрических системах (DOAJ, Google Scholar, Polish Scholarly Bibliography, eLIBRARY.ru, CiteFactor, Index Copernicus), поисковых службах и метахранилищах научной информации (DRIVER, BASE, ResearchBib и др.). Параллельно с деятельностью вузов по включению журналов в международные каталоги

НАУКА ТА ПРОГРЕС ТРАНСПОРТУ

и наукометрические БД разных уровней их менеджмент также должен предполагать ряд активных действий в других направлениях.

Так, для повышения уровня цитирования ученых и влияния научных периодических изданий вузов огромное значение имеет размещение научных трудов в библиотечных коллекциях влиятельных университетов и национальных библиотеках разных стран.

Например, ДНУЖТ своими изданиями на сегодняшний день представлен в электронных библиотечных коллекциях: University of Cambridge (Великобритания), UNIVERSIA (Испания), The Grove Online Library (Великобритания), California Staty University (США), Monash University (Австралия), Erasmus Universiteit Rotterdam (Германия), University Georgia (США), Charles University in Prague (Чехия), Education for Scotland (Шотландия), State Library of New South Wales (Австралия), University of Sainte-Anne (Канада), Syracuse University (США), Search Texas A & M University-San Antonio Library (США), Simpson University (США), Leiden University (Германия), University of Groningen (Нидерланды), University of Hong Kong (Китай), National library of Australian (Австралия) и др.

Непременным условием системной интеграции научных публикаций украинских ученых в мировое инфопространство является их **размещение в институциональных/тематических репозитариях**. Репозитарий – это открытый цифровой архив, созданный для накопления, сохранения, распространения и предоставления бесплатного полнотекстового доступа к научным публикациям, созданным преподавателями, учеными, аспирантами вузов. Сегодня в Украине (данные ROAR на 01.11.2013 г.) существует 65 цифровых архивов, причем подавляющее большинство из них – вузовские, поддерживаемые университетскими библиотеками.

Например, репозитарий ДНУЖТ – «eaDNURT» (<http://eadnurt.diit.edu.ua/>) интегрирован:

- в международную универсальную платформу репозитариев открытого доступа **ROAR** (Registry of Open Access Repositories, ROAR ID: 3288, <http://roar.eprints.org/3288/>);

- в мультидисциплинарную справочную систему репозитариев открытого доступа *OpenDOAR* (Directory of Open Access Repositories, **OpenDOAR ID** 2667,

- в национальную систему открытых цифровых архивов **Simple Search Metadata in open Ukraine archives** (<http://oai.org.ua/>).

Такая глубокая системная интеграция университетских научных изданий в международные информационные системы (полнотекстовые, реферативные и наукометрические БД; системы репозитариев; библиотечные коллекции влиятельных университетов и национальных библиотек разных стран и др.) позволяет ученому любой страны ознакомиться с результатами исследований зарубежных коллег и связаться с ними для дальнейшего совместного научного творчества, получить информацию о тенденциях научно-технического прогресса, заявить о своих достижениях в мировой науке, дать оценку аналогичным научным исследованиям. Ведь именно ученые, как главные субъекты научных коммуникаций, выступают и как исследователи, проводящие эксперименты и создающие новые знания, и как эксперты в оценке результатов исследований коллег. Менеджеры же теоретической и экспериментальной науки в вузах, структурах национальных академий наук будут иметь информацию об оценке уровня организации исследований как собственного научного учреждения, так и аналогичных ему. Именно на таких данных построены разнообразные рейтинговые системы оценивания вузов во всем мире, в т. ч. и рейтинги МОН Украины.

Но в то же время необходимо подчеркнуть, что для ученых Украины (и большинства стран постсоветского пространства) при работе с международными наукометрическими системами и базами данных существуют определенные сложности в поиске отраслевой литературы. Например, в Украине присвоение ученых степеней, исследовательские проекты, координация работ по подготовке кадров и другие виды деятельности, связанные с созданием, развитием, распространением и использованием научных и технических знаний во всех отраслях наук, «привязаны» к Государственному классификатору Украины «Классификация видов научно-технической деятельности (КВНТД) ДК 015-97». Зарубежная же классификация, на которую ориентирована значительная часть информационно-поисковых и наукометриче-

НАУКА ТА ПРОГРЕС ТРАНСПОРТУ

ских системы мира, имеет существенные отличия. В частности, универсальная НБД «Scopus» не может дать ответа, сколько, например, статей по научным исследованиям и разработкам в отрасли транспорта (КВНТД Украины – I.2 18) или в отрасли педагогических наук (КВНТД Украины – II.2 31). У «Scopus» своя классификация, в которой «транспортные науки» и «педагогические науки» рассеяны между другими ее разделами.

Результаты

Рассмотрим сегодняшнее состояние научной периодики вузов Украины, готовящих специалистов и выполняющих научные исследования в области железнодорожного транспорта, с точки зрения предварительной готовности к интеграции в международные информационные системы, в т. ч. наукометрические БД.

Мониторинг порталов железнодорожных вузов страны и Института транспорта и логистики в структуре Восточноевропейского национального университета им. В. Даля, а также архива научной периодики Национальной библиотеки Украины им. В. Вернадского показывает, что данными учреждениями издается 15 научных периодических журналов/сборников (согласно данным на 01.10.2013 г.). Анализ полученных результатов, представленных в табл. 1, доказывает высокую публикационную активность ученых, хороший потенциал вузов в научно-издательской деятельности, расширении географии членов редакционных коллегий и представленных публикаций.

В то же время отсутствие архивов публикаций с предоставлением полных текстов (по годам) на порталах вузов, собственных сайтов периодических изданий (1/3 от общего количества) или отсутствие в имеющихся сайтах англоязычной страницы, несвоевременность регистрации в Ulrich's-каталоге сводят практически к нулю интеграцию данной периодики в международные информационные БД, в т. ч. наукометрические. Это связано с тем, что экспертиза издания, предложенного для индексации, например, в Scopus, начинается экспертами Консультативного комитета Scopus по отбору содержания (CSAB) с анализа информации англоязычной страницы сайта издания и данных каталога периодических изданий Ulrich's Periodicals Directory.

Проведенный автором анализ общего состояния отражения публикационной активно-

сти и влияния научных периодических изданий железнодорожных вузов Украины в наукометрической БД Scopus дал следующие результаты (согласно данным на 11.10.2013 г.):

- ни одно из периодических изданий исследуемой группы железнодорожных вузов страны не отражается в наукометрической БД «Scopus»;

- всего статей и авторов, представленных в БД «Scopus»: в профиле ДНУЖТ (Affiliation ID 60017228) – соответственно 117 и 88; в профиле УкрГАЗТ (Affiliation ID 60104416) – соответственно 54 и 26.

- данные, относящиеся к ГЭТУТ и ИТЛ ВНУ (включая поиски по предыдущим названиям вузов), автором не найдены.

Предусловием для ведения конструктивного диалога с международными агрегаторами научно-информационных ресурсов об увеличении «видимости» отраслевых украинских журналов в мировой системе научных коммуникаций является также наличие авторских резюме (расширенных, структурированных аннотаций), в т. ч. на английском языке, пристатейных списков литературы (References) латиницей, соблюдение международной этики публикаций и др. В значительной части научной периодики исследуемых вузов названные выше элементы статей отсутствуют.

Следовательно, без устранения указанных отрицательных факторов в развитии периодики не будет положительной динамики в ранжировании субъектов научной деятельности вуза и возрастания индексов влияния в международном инфопространстве самого издания. И, конечно же, эти факторы отражаются в национальном и международном рейтингах университетов, не способствуя их возрастанию.

Аналитическое сопровождение научных исследований и распространение их результатов в пространстве виртуальных коммуникаций теснейшим образом связаны с информационным обеспечением ученых. Во всем мире сегодняшнее выдвижение библиотек в лидеры по организации и распространению инициатив научной коммуникации в своих университетах явилось следствием реализации новой стратегии их развития. Данная стратегия предполагает максимально полную ориентацию на информационные потребности ученого как информационного донора и акцептора знаний [2, 3].

Таблица 1

Научная периодика вузов Украины в отрасли железнодорожного транспорта

ВУЗ	ИЗДАНИЕ	САЙТ
1. Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта им. академика В. Лазаряна (ДНУЖТ)	1. «Антропологічні виміри філософських досліджень»* 2. «Електрифікація транспорту»* 3. «Електромагнітна сумісність та безпека на залізничному транспорті»* 4. «Мости та тунелі: теорія дослідження, практика»* 5. «Наука та прогрес транспорту»* 6. «Проблеми економіки транспорту»* 7. «Транспортні системи та технології перевезень»*	http://ampr.diit.edu.ua/ http://etr.diit.edu.ua/ http://ecsrt.diit.edu.ua http://bttpr.diit.edu.ua/ http://stp.diit.edu.ua/ http://pte.diit.edu.ua/ http://tsst.diit.edu.ua/
2. Украинская государственная академия железнодорожного транспорта (УкрГАЗТ)	1. «Збірник наукових праць Української державної академії залізничного транспорту»** 2. «Вісник економіки транспорту і промисловості»* 3. «Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті»** 4. «Збірник наукових праць Донецького інституту залізничного транспорту УкрДАЗТ»**	Нет Нет Нет http://zbirnyk.drti.donetsk.ua
3. Государственный экономико-технологический университет транспорта (ГЭТУТ)	1. «Економіст»* 2. «Збірник наукових праць ДЕТУТ. Сер. : Економіка та управління»** 3. «Збірник наукових праць ДЕТУТ. Сер.: Транспортні системи і технології»**	http://ua-ekonomist.com/ Нет Нет
4. Институт транспорта и логистики Восточноукраинского национального университета им. В. Даля (ИТЛ ВНУ)	1. Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля*	http://www.snu.edu.ua/visniksnu/

* – в издании публикуются статьи на 3 языках – украинском, русском, английском

** – в издании публикуются статьи на 2 языках – украинском, русском.

Таблица 2

Информационное обеспечения ученых и веб-представительства вузовской науки

БИБЛИОТЕКА ВНЗ (отрасль – железнодорожный транспорт)	ФОНД	ПЕРИОДИКА (кол-во наименований)	САЙТ БИБЛИОТЕКИ	РЕПОЗИТАРИЙ
1. Библиотека Государственного экономико-технологического университета транспорта (ГЭТУТ)	300 000	40	http://library.detut.edu.ua/	http://dspace.detut.edu.ua:8080/jspui/
2. Научно-техническая библиотека Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта им. академика В. Лазаряна (ДНУЖТ)	940 000	180	http://library.diit.edu.ua/	http://eadnurt.diit.edu.ua:82/jspui/
3. Научная библиотека Восточноукраинского национального университета им. В. Даля (Института Транспорта и логистики – ИТЛ ВНУ)	820 000	110	http://library.snu.edu.ua/	http://dspace.snu.edu.ua:8080/jspui/
4. Научно-техническая библиотека Украинской государственной академии железнодорожного транспорта (УкрГАЖТ)	870 000	120	http://library-kart.kh.ua/	Нет
5. Библиотека Донецкого института железнодорожного транспорта УкрГАЖТ	198 000	50	http://www.drti.donetsk.ua/text/library/period.html	http://ea.drti.donetsk.ua:8080/jspui/

В коммуникационных практиках вузовских библиотек, являющихся основными формальными каналами документальной научной коммуникации и гарантами ускорения процесса пространственной диффузии документированного знания, его сохранения, активизируются интерсенсорные средства презентации информации и знаний, увеличивается интенсивность информационного обмена.

Именно с этих позиций рассмотрим сегодняшнее состояние библиотек железнодорожных вузов Украины.

Анализ информационного обеспечения ученых и уровня веб-представительства науки данных вузов в интегрированном мировом научно-информационном пространстве (табл. 2) показывает, что собственные научные периодические издания и отдельные публикации ученых достаточно широко представлены в открытом доступе на библиотечных сайтах. Практически полной является организация вузовских репозитариев, хотя процессы становления и формирования в них оптимальной управленческой политики еще не закончены. Созданием и управлением цифровыми архивами в Украине занимаются преимущественно уни-

верситетские библиотеки. Хорошим показателем является и круглосуточный доступ к библиотечным коллекциям всех вузов.

В то же время позволяет желать лучшего, например, доступ к лицензированным зарубежным полнотекстовым и наукометрическим базам данных («Scopus», «ScienceDirect», «EBSCO», «Лань» и др.). Он представлен только в научно-технической библиотеке Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта им. академика В. Лазаряна. Данный факт значительно затрудняет выполнение основного задания университетских библиотек – предоставление максимально полной информационной поддержки научных исследований, а также одного из самых востребованных на сегодня видов информационно-аналитической деятельности – проведение библио- и наукометрических исследований по запросам ученых и администрации вузов [2, 3].

Для сегодняшней научной коммуникации, развивающейся в новой коммуникативной реальности – мире электронного (цифрового) общения, характерна виртуальность, глобальность, интерактивность, гипертекстуальность, креатив-

НАУКА ТА ПРОГРЕС ТРАНСПОРТУ

ность, анонимность и мозаичность. Данные факторы все больше приводят к усилению роли, признанию важности и ценности неформальной научной коммуникации. Именно сетевая неформальная коммуникация ученых и поддержка ими движения открытого доступа к документально зафиксированным формам научной информации положили начало новой модели передачи знаний – **открытой науки**. Открытая наука характеризуется коллективным проведением международных исследований в Интернет-среде, продвижением их результатов, установлением новых контактов и поддержанием особой творческой, дискуссионной атмосферы интеллектуального взаимодействия. Именно поэтому сегодняшнему украинскому ученому, особенно молодежи, необходимо расширять познания в области информационной культуры, охватывающей все точки соприкосновения пользователя и информационной среды. Ведь на повестке дня ученых – соискателей мировых наград и грантов – стоит проблема представления не только информации о статьях в рецензированных журналах (в т. ч. наукометрических показателей). Актуальными являются показатели новых метрик, построенных на основе социального веба, – альтметрикс (Altmetrics) и опирающихся на ссылки о результатах исследований в соцсетях, на сайтах, блогах, информации про ход исследований и т. д. Считается, что набор этих данных позволит глубже оценить интеллектуальный вклад исследователя, проследить ход исследовательского процесса, мысли и поведение исследователя [13, 17].

Для улучшения «видимости» украинской научной периодики актуальным является также решение научными редакциями всей Украины двух проблем, связанных с изменением методологии поиска научной информации:

- присвоения статьям, опубликованным в рецензированных журналах, уникальных идентификаторов цифровых объектов **DOI** (Digital Object Identifier – http://en.wikipedia.org/wiki/Digital_object_identifier). Информация об электронном документе, содержащемся в DOI, включает указатель его местонахождения в сети Интернет и другие ассоциированные с ним атрибуты (метаданные) в структурированном виде;

- присвоение авторам уникальных идентификаторов в **ORCID** (Open Researcher and Contributor ID – <http://orcid.org/>). ORCID – это реестр уни-

кальных идентификаторов ученых и способ связи исследовательской деятельности с этими идентификаторами. Он независим от научных дисциплин и национальных границ, но хорошо взаимодействует с другими системами идентификации.

В идеале ORCID и DOI работают в «связке», это обеспечивает наилучшие результаты при подсчете цитируемости (когда журнал регистрирует DOI, он может указывать не имена авторов статьи, а их идентификаторы ORCID). В частности, систему ORCID используют Scopus и Web of Science. Соотнося исследователей и ученых с их вкладами, данные идентификаторы, с одной стороны, служат соединительным звеном между информацией и пользователями, позволяя исследователям и издателям более эффективно управлять распространением и поиском результатов исследований. С другой стороны, наличие ORCID и DOI является показателем высокого уровня научного издания.

Научная новизна

Впервые исследовались структура и качество информационного потока научной периодики вузов Украины, готовящих специалистов и проводящих научные исследования в области железнодорожного транспорта. Определен уровень представительства статей и авторов железнодорожных вузов Украины в наукометрической БД «Scopus». Автором доказана недостаточная степень готовности большинства научных изданий данных вузов для их презентации в мировом научно-информационном пространстве (полнотекстовых, реферативных и наукометрических базах данных, поисковых и справочных системах). Очерчены основные направления деятельности вузов по интеграции результатов научных исследований ученых-транспортников в мировую научную цифровую среду. Определена ведущая роль университетских библиотек в интеграции документальных научных ресурсов вузов в глобальное научно-информационное коммуникативное пространство.

Практическая значимость

Показатели уровня развития фундаментальной и прикладной науки любого государства, количественно определяющиеся, в том числе, долей публикаций ученых в рецензированных, авторитетных научных периодических издани-

НАУКА ТА ПРОГРЕС ТРАНСПОРТУ

ях (отечественных или зарубежных), являются одними из ключевых параметров для позиционирования стран в современном мире. Это проявляется, например, в усилении использования глобальных индексов инновационности и конкурентоспособности (Global Competitiveness Index и Global Competitiveness Index), показатели которых все чаще вносят коррективы в уровень развития экономики отдельных стран, т. к. непосредственно влияют, например, на объемы инвестиций.

Учитывая данные обстоятельства, автором предложен алгоритм действий вузов Украины по интеграции научных публикаций ученых в мировое научно-информационное пространство (полнотекстовые, реферативные и наукометрические базы данных, поисковые и справочные системы). Его реализация позволит повысить значимость украинских научных периодических изданий, в т. ч. железнодорожной тематики, повлиять на положительную динамику в увеличении «рейтинговости» вуза (национальную и международную), укрепить авторитет украинской науки в мире и, возможно, привлечь потенциальных инвесторов (если результаты исследований имеют хорошие перспективы прикладного внедрения).

Выводы

Сегодняшнее развитие науки (по всем направлениям и на всех уровнях) связано с производством, обработкой, сохранением и циркуляцией огромных массивов мультидисциплинарной информации. Оно отличается появлением новых способов и средств передачи информационных потоков, разнообразием средств и каналов социальной, в т. ч. научной, коммуникации.

На основе анализа мирового опыта распространения научной информации (документальной и недокументальной) в пространстве виртуальных коммуникаций, исследования структуры и качества информационного потока научной периодики вузов Украины, готовящих специалистов и проводящих научные исследования в области железнодорожного транспорта, а также собственного многолетнего практического опыта автором сделаны следующие выводы.

1. В исследуемой группе вузов Украины (отрасль – железнодорожный транспорт) существует проблема недостаточной репрезентатив-

ности публикаций ученых и представительства научной периодики в международных научно-информационных системах, в т. ч. наукометрических БД.

2. Сегодня редакции научных журналов Украины и библиотеки вузов, преодолевая сложившуюся тенденцию их слабого представительства в мировых научно-информационных системах, активизировали действия по онлайн интеграции периодики в мировые каталоги, наукометрические системы, реферативные и полнотекстовые базы данных, в директории репозитариев (цифровых архивов) открытого доступа, в коллекции крупных университетских и национальных библиотек разных стран.

3. Опыт деятельности ДНУЖТ по интеграции публикаций ученых в международное научно-информационное пространство доказывает, что только системные многовекторные действия по информационному обеспечению, аналитическому сопровождению научных исследований и продвижению их результатов в пространстве виртуальных коммуникаций могут принести хорошие результаты.

4. Существует срочная необходимость признания в каждом из вузов исследуемой группы приоритетными и стратегически важными тех направлений деятельности, которые связаны с интеграцией научных публикаций ученых в международное научно-информационное пространство, а именно: 1) информационная поддержка научных исследований (в т. ч. за счет организации в университетских библиотеках доступов к лицензированным зарубежным информационным базам данных); 2) создание институциональных репозитариев; 3) организация системы сайтов научной периодики вузов и их интеграция в национальную систему на новом общегосударственном портале «Научная периодика Украины» (<http://journals.urau.ua/>), который поддерживается и курируется УРАНом (Ассоциацией пользователей научно-образовательной телекоммуникационной сети университетов Украины); 4) развитие информационно-аналитической деятельности, связанной с мониторингом мирового научного информационного потока, анализом уровня цитирования ученых и индексов влияния периодических изданий вузов, продвижением научных трудов в мировые информационные БД, в т. ч. наукометрические.

НАУКА ТА ПРОГРЕС ТРАНСПОРТУ

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ
ИСТОЧНИКОВ

1. Зибарева, И. В. Опыт использования библиографических БД для наукометрических исследований российской химической науки [Электронный ресурс] / И. В. Зибарева, Н. В. Круковская // Educational Technology & Soc. – 2007. – № 10 (1). – Режим доступа: http://ifets.ieee.org/russian/depositary/v10_i1/pdf/30.pdf. – Загл. с экрана.
2. Колесникова, Т. А. Библиотека высшей школы и новая форма информационного взаимодействия [Электронный ресурс] // Б-ка высш. шк. на новом этапе развития социальных коммуникаций : материалы междунар. науч.-практ. конф. (24.10–25.10.2013). – Днепропетровск, 2013. – С. 64–70. – Режим доступа: <http://eadnurt.diit.edu.ua:82/jspui/handle/123456789/1776>. – Загл. с экрана.
3. Колесникова, Т. О. Впровадження інноваційної моделі бібліотеки університету як чинник глибокої інтелектуалізації бібліотечної професії [Электронный ресурс] // Вісн. кн. палати. – 2012. – № 11. – С. 21–22; 2013. – № 1. – С. 19–23. – Режим доступа: <http://eadnurt.diit.edu.ua:82/jspui/handle/123456789/1710>. – Загл. с экрана.
4. Костенко, Л. Й. Видимість наукової періодики України в мережі Інтернет // Наука України у світовому інформ. просторі. – 2013. – Вип. 8. – С. 27–36.
5. Лаврик, О. Л. Модель научной информационной культуры / О. Л. Лаврик // НТИ – 2012. Актуал. проблемы информац. обеспечения науки, аналит. и инновац. деятельности : материалы междунар. конф. (28.11–30.11. 2012). – М., 2012. – С. 117–118.
6. Матадян, С. М. Проблемы интегрирования НИЦ РА в информационном обеспечении научной, аналитической и инновационной деятельности / С. М. Матадян // НТИ – 2012. Актуал. проблемы информац. обеспечения науки, аналит. и инновац. деятельности : материалы междунар. конф. (28.11–30.11. 2012). – М., 2012. – С. 19–22.
7. Мямлин, С. В. Прогресс транспорта – залог развития национальной экономики / С. В. Мямлин // Наука та прогрес транспорту. Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2013. – № 1. – С. 7–12.
8. Про формування бази даних наукових видань України, за якими визначатиметься національний індекс цитованості [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://dknii.wordpress.com/2013/10/22/01/>. – Загл. с экрана.
9. Савинич, В. В. Периодические издания стран СНГ во входном потоке ВИНТИ РАН / В. В. Савинич // НТИ – 2012. Актуал. проблемы информац. обеспечения науки, аналит. и инновац. деятельности : материалы междунар. конф. (28.11–30.11. 2012). – М., 2012. – С. 237–239.
10. Соловяненко, Д. Академічні бібліотеки в новому соціотехнічному вимірі: Частина 1. Академічна бібліотека як видавець / Денис Соловяненко // Бібл. вісн. – 2010. – № 4. – С. 3–17.
11. Шемаєва, Г. В. Електронні ресурси бібліотек України в системі наукових комунікацій : монографія / Г. В. Шемаєва. – Х. : ХДАК, 2008. – 289 с.
12. A Hedonic Analysis of the Value of Rail Transport in the Greater Dublin Area / K. Mayor, S. Lyons, D. Duffy, R. S. J. Tol // J. of Transport, Economics and Policy. – 2012. – № 46 (2). – P. 239–261.
13. Alt-metriks: a manifesto [Virtual resource] / J. Priem, D. Taraborelli, P. Groth, S. Neylon. – Access Mode: <http://altmetrics.org/manifesto>. – Title from the screen. – Date of Access: 25 December 2013.
14. Approaches to understanding and measuring interdisciplinary scientific research (IDR): a review of the literature / C. S. Wagner, J. D. Roessner, K. Bobb et al. // J. of Informetrics. – 2011. – № 5 (1). – P. 14–26.
15. Genamics JournalSeek [Electronic resource]. – Electronic data. – Access Mode: <http://journalseek.net/>. – Title from the screen.
16. Karamourzov, R. The development trends of science in the CIS countries on the basis of some scientometric indicators / Renat Karamourzov // Scientometrics. – Apr. 2012. – Vol. 91, iss. 1. – P. 1–14.
17. Más-Bleda, A. Can a personal website be useful as an information source to assess individual scientists? The case of European highly cited researchers / Amalia Más-Bleda, Isidro F. Aguillo // Scientometrics. – July 2013. – Vol. 96, iss. 1. – P. 51–67.
18. Mehrad, J. The Islamic World Science Citation Center: A new scientometrics system for evaluating research performance in OIC Region / J. Mehrad, M. Naseri // Int. J. Information Science & Management. – 2010. – Vol. 8, № 2. – P. 1–10.
19. Negishi, M. Citation Database for Japanese Papers; A New Bibliometric tool for Japanese Academic Society / M. Negishi, Y. Sun, K. Shigi // Scientometrics. – 2004. – Vol. 60, № 3. – P. 333–351.

НАУКА ТА ПРОГРЕС ТРАНСПОРТУ

20. Rafols, I. Diversity and network coherence as indicators of interdisciplinarity: case studies in bionanoscience / I. Rafols, M. Meyer // *Scientometrics*. – 2010. – № 82 (2). – P. 263–287.
21. Tsay, M.-Y. Scientometric analysis of transport phenomenon literature, 1900–2007 / Ming-Yueh Tsay, Yi-Jen Lin // *Malaysian J. of Library & Information Science*. – 2009. – Vol. 14, № 3. – P. 35–58.
22. Validating indicators of interdisciplinarity: linking bibliometric measures to studies of engineering research labs / David Roessner, Alan L. Porter, Nancy J. Nersessian, Stephen Carley // *Scientometrics*. – Febr. 2013. – Vol. 94, iss. 2. – P. 439–468. – DOI 10.1007/s11192-012-0872-9.

Т. О. КОЛЕСНИКОВА^{1*}

^{1*}Науково-технічна бібліотека, Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, Дніпропетровськ, Україна, 49010, тел. +38 (056) 371 51 05, ел. пошта lib@b.diit.edu.ua

ІНТЕГРАЦІЯ УКРАЇНСЬКОЇ ГАЛУЗЕВОЇ НАУКОВОЇ ПЕРІОДИКИ У СВІТОВИЙ НАУКОВО-ІНФОРМАЦІЙНИЙ ПРОСТІР: ПРОБЛЕМИ ТА РІШЕННЯ

Мета. Актуальною для української науки є проблема недостатньої репрезентативності публікацій вчених, у т. ч. – транспортників, у міжнародних наукометричних базах даних. Для її рішення необхідно здійснити дослідження структури й якості інформаційного потоку наукової періодики залізничних ВНЗ України; надати визначення алгоритма інтеграції наукових публікацій вчених України у світовий науково-інформаційний простір. **Методика.** Застосовуючи методи наукового аналізу, узагальнення, аналогії, порівняння, прогнозування, автором було досліджено проблему розповсюдження наукових знань через посередництво формальних комунікацій. Проведено аналіз готовності залізничної періодики України до процедури реєстрації в міжнародних наукометричних системах. Досліджено рівень представництва статей та авторів залізничних ВНЗ України у наукометричній БД Scopus. **Результати.** Моніторинг порталів ВНЗ залізничної галузі України та сайтів їх наукової періодики, аналіз отриманих даних підтверджує недостатній рівень готовності більшості наукових видань до подання в наукометричні БД. Запропоновано шляхи забезпечення достатньої «видимості» галузевої періодики ВНЗ України в глобальному науковому інфопросторі. **Наукова новизна.** Вперше досліджувались структура та якість документального потоку наукової періодики ВНЗ залізничного транспорту України та його відображення у наукометричній БД Scopus. Окреслено основні напрями діяльності ВНЗ з інтеграції результатів наукових досліджень вчених-транспортників у світове наукове цифрове середовище. Визначена провідна роль університетських бібліотек у процесах інтеграції документальних наукових ресурсів ВНЗ у глобальний науково-інформаційний комунікативний простір. **Практична значимість.** Реалізація запропонованого автором алгоритма дій ВНЗ України з інтеграції наукових публікацій учених у світове цифрове середовище дозволить підвищити значущість українських наукових періодичних видань, у т. ч. – залізничної тематики, вплинути на позитивну динаміку в рейтингу ВНЗ, закріпити авторитет української науки у світі та привернути увагу потенційних інвесторів.

Ключові слова: наукові комунікації; наукова періодика; періодичне видання із залізничного транспорту; інтеграція наукових публікацій; ВНЗ із залізничного транспорту; університетські бібліотеки; наукометричні БД; альтметрикс; репозитарії; е-журнали; OJS; інформаційне забезпечення вчених; нова редакційна політика; БД Scopus; ORCID; DOI; ДНУЗТ

T. A. KOLESNYKOVA^{1*}

^{1*}Scientific and Technical Library, Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician
V. Lazaryan, Lazaryan St., 2, Dnipropetrovsk, Ukraine, 49010, tel. +38 (056) 371 51 05, e-mail lib@b.diit.edu.ua

INTEGRATION OF UKRAINIAN INDUSTRY SCIENTIFIC PERIODICALS INTO WORLD SCIENTIFIC INFORMATION SPACE: PROBLEMS AND SOLUTIONS

Purpose. Problem of representation lack of scientists' publications, including transport scientists, in the international scientometric databases is the urgent one for Ukrainian science. To solve the problem one should study the structure and quality of the information flow of scientific periodicals of railway universities in Ukraine and to determine the integration algorithm of scientific publications of Ukrainian scientists into the world scientific information space. **Methodology.** Applying the methods of scientific analysis, synthesis, analogy, comparison and prediction the author has investigated the problem of scientific knowledge distribution using formal communications. The readiness of Ukrainian railway periodicals to registration procedure in the international scientometric systems was analyzed. The level of representation of articles and authors of Ukrainian railway universities in scientometric database Scopus was studied. **Findings.** Monitoring of the portals of railway industry universities of Ukraine and the sites of their scientific periodicals and analysis of obtained data prove insufficient readiness of most scientific publications for submission to scientometric database. The ways providing sufficient "visibility" of industry periodicals of Ukrainian universities in the global scientific information space were proposed. **Originality.** The structure and quality of documentary flow of scientific periodicals in railway transport universities of Ukraine and its reflection in scientometric DB Scopus were first investigated. The basic directions of university activities to integrate the results of transport scientists research into the global scientific digital environment were outlined. It was determined the leading role of university libraries in the integration processes of scientific documentary resources of universities into the global scientific and information communicative space. **Practical value.** Implementation of the proposed activity algorithm of Ukrainian universities to integrate the scientific publications into the world digital environment will increase the importance of Ukrainian scientific periodicals, including the railway ones, affect the positive dynamics in the university rating, strengthen the authority Ukrainian science in the world and attract potential investors.

Keywords: scientific communications; scientific periodicals; railway periodical; integration of scientific publications; railway universities; university libraries; scientometric databases; altmetrics; repositories; e-journals; OJS; information support of scientists; new editorial policy; DB Scopus; ORCID; DOI; DNURT

REFERENCES

1. Zibareva, I.V., Krukovskaya N.V. Opyt ispolzovaniya bibliograficheskikh BD dlya naukometricheskikh issledovaniy rossiyskoy khimicheskoy nauki [User experience of bibliographic databases for scientometric studies of Russian chemical science]. *Educational Technology & Society*, 2007, no. 10 (1). Available at: http://ifets.ieee.org/russian/depositary/v10_i1/pdf/30.pdf (Accessed 19 December 2013).
2. Kolesnykova T.A. Biblioteka vysshey shkoly i novaya forma informatsionnogo vzaimodeystviya [Library of Higher School and a New Field of Information Interaction]. *Materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Biblioteka vysshey shkoly na novom etape razvitiya sotsialnykh kommunikatsiy»* [Proc. of Int. Sci. and Practical Conf. «Library of higher school at a new stage of social communications development»]. Dnipropetrovsk, 2013, pp. 64-70. Available at: <http://eadnurt.diit.edu.ua:82/jspui/handle/123456789/1776> (Accessed 19 December 2013).
3. Kolesnykova T.O. Vprovadzhennia innovatsiinoi modeli biblioteky universytetu yak chynnyk hlybokoi intelektualizatsii bibliotechnoi profesii [Implementation of university library innovative model as a factor of deep intellectualization of library profession]. *Visnyk Knyzhkovoi palaty – Bulletin of Book Chamber*, 2012, no. 11, pp. 21-22, 2013; no. 1, pp. 19-23. Available at: <http://eadnurt.diit.edu.ua:82/jspui/handle/123456789/1710> (Accessed 19 December 2013).
4. Kostenko L.Y. Vydymist naukovoï periodyky Ukrainy v merezhi Internet [Visibility of scientific periodicals of Ukraine in the Internet]. *Nauka Ukrainy u svitovomu informatsiinomu prostori – Science of Ukraine in the world information space*, 2013, issue 8, pp. 27-36.
5. Lavrik O.L. Model nauchnoy informatsionnoy kultury [Model of scientific information culture]. *Materialy mezhdunarodnoy konferentsii «Aktualnye problemy informatsionnogo obespecheniya nauki, analiticheskoy*

НАУКА ТА ПРОГРЕС ТРАНСПОРТУ

- i innovatsionnoy deyatelnosti*» [Proc. of Int. Conf. «Urgent problems of information support of science, analytic and innovation activity»]. Moscow, 2012, pp. 117-118.
6. Matadyan S.M. Problemy integriruvaniya NITs RA v informatsionnom obespechenii nauchnoy, analiticheskoy i inovatsionnoy deyatelnosti [The problems of the AR RDC integration concerning information support to scientific, analytical and innovative activities]. *Materialy mezhdunarodnoy konferentsii «Aktualnyye problemy informatsionnogo obespecheniya nauki, analiticheskoy i innovatsionnoy deyatelnosti»* [Proc. of Int. Conf. «Urgent problems of information support of science, analytic and innovation activity»]. Moscow, 2012, pp. 19-22.
 7. Myamlin S.V. Progress transporta – zalog razvitiya natsionalnoy ekonomiki [Transport progress is the guarantee of national economics]. *Nauka ta progres transportu. Visnyk Dnipropetrovskoho natsionalnoho universytetu zaliznychnoho transportu imeni akademika V.Lazariana – Science and Transport Progress. Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V.Lazaryan*, 2013, no. 1, pp. 7-12.
 8. Pro formuvannia bazy danykh naukovykh vydan Ukrainy, za yakymy vyznachatymetsia natsionalnyi indeks tsytovanosti [On the formation of databases of Ukrainian scientific periodicals, according to which one can determine the national citation index]. Available at: <http://dknii.wordpress.com/2013/10/22/01/> (Accessed 19 December 2013).
 9. Savinich V.V. Periodicheskiye izdaniya stran SNG vo vkhodnom potoke VINITI RAN [SIC countries periodicals in the information flow of All-Russian Institute for Scientific and Technical Information of Russian Academy of Sciences]. *Materialy mezhdunarodnoy konferentsii «Aktualnyye problemy informatsionnogo obespecheniya nauki, analiticheskoy i innovatsionnoy deyatelnosti»* [Proc. of 8 Int. Conf. «Urgent problems of information support of science, analytic and innovation activity»]. Moscow, 2012, pp. 237-239.
 10. Solovianenko D. Akademichni biblioteki v novomu sotsiotekhniknomu vymiri: Chastyna 1. Akademichna biblioteka yak vydavets [Academic libraries in the new social and technical dimension]. *Biblioteknyi visnyk – Librarian Bulletin*, 2010, no. 4, pp. 3-17.
 11. Shemaieva H.V. Elektronni resursy bibliotek Ukrainy v systemi naukovykh komunikatsii [Electronic resources of the Ukrainian library in the system of scientific communication]. Kharkiv, KhDAK Publ., 2008. 289 p.
 12. Mayor, K., Lyons S., Duffy D., Tol R.S.J. A Hedonic Analysis of the Value of Rail Transport in the Greater Dublin Area. *Journal of Transport Economics and Policy*, 2012, no. 46 (2), pp. 239-261.
 13. Priem J., Taraborelli D., Groth P., S Neylon. Alt-metriks: a manifesto. Available at: <http://altmetrics.org/manifesto> (Accessed 19 December 2013).
 14. Wagner C.S., Roessner J.D., Bobb K., Klein J.T., Boyack K.W., Keyton J. Approaches to understanding and measuring interdisciplinary scientific research (IDR): a review of the literature. *Journal of Informetrics*, 2011, no. 5 (1), pp. 14-26.
 15. Genamics JournalSeek. – Electronic data. Available at: <http://journalseek.net/> (Accessed 19 December 2013).
 16. Karamourzov R. The development trends of science in the CIS countries on the basis of some scientometric indicators. *Scientometrics*, 2012, vol. 91, iss. 1, pp. 1-14.
 17. Más-Bleda A., Aguillo Isidro F. Can a personal website be useful as an information source to assess individual scientists? The case of European highly cited researchers. *Scientometrics*, 2013, vol. 96, iss. 1, pp. 51-67.
 18. Mehrad J., Naseri M. The Islamic World Science Citation Center: A new scientometrics system for evaluating research performance in OIC Region. *International Journal of Information Science & Management*, 2010, vol. 8, no. 2, pp. 1-10.
 19. Negishi M., Sun Y., Shigi K. Citation Database for Japanese Papers; A New Bibliometric tool for Japanese Academic Society. *Scientometrics*, 2004, vol. 60, no. 3, pp. 333-351.
 20. Rafols I., Meyer M. Diversity and network coherence as indicators of interdisciplinarity: case studies in bionanoscience. *Scientometrics*, 2010, no. 82 (2), pp. 263-287.
 21. Tsay M.-Y., Lin Yi-Jen Scientometric analysis of transport phenomenon literature, 1900-2007. *Malaysian Journal of Library & Information Science*, 2009, vol. 14, no. 3, pp. 35-58.
 22. Roessner D., Porter Alan L., Nersessian Nancy J., Carley Stephen. Validating indicators of interdisciplinarity: linking bibliometric measures to studies of engineering research labs. *Scientometrics*, 2013, vol. 94, iss. 2, pp. 439-468. doi: 10.1007/s11192-012-0872-9.

Статья рекомендована к публикации д.т.н., проф. Мямлиным С. В. (Украина); д.ист.н., проф. В. А. Ильганаевой (Украина)

Поступила в редколлегию 10.10.2013

Принята к печати 12.11.2013

АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ НА ТРАНСПОРТІ

УДК 656.259.12

К. В. ГОНЧАРОВ^{1*}

^{1*}Каф. «Автоматика, телемеханика и связь», Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, Днепропетровск, Украина, 49010, тел. +38 (056) 373 15 04, эл. почта goncharov_k@inbox.ru

ПОВЫШЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ТОНАЛЬНЫХ РЕЛЬСОВЫХ ЦЕПЕЙ В УСЛОВИЯХ ФЛУКТУАЦИЙ СОПРОТИВЛЕНИЯ БАЛЛАСТА

Цель. Разработка метода повышения устойчивости тональных рельсовых цепей, учитывающего фактическое сопротивление изоляции (балласта) рельсовой линии. **Методика.** Для достижения поставленной цели предложено автоматически определять сопротивление изоляции рельсовой линии и, в зависимости от данного значения, корректировать выходное напряжение путевого генератора. Сопротивление балласта определяется по значению входного сопротивления рельсовой линии, которое на высоких частотах практически равняется волновому сопротивлению. Для реализации предложенного метода к рельсовой цепи необходимо подключить дополнительные высокочастотные генераторы, высокочастотные фильтры, блок определения сопротивления балласта и корректировки выходного напряжения путевого генератора. **Результаты.** В результате проведенных исследований было установлено, что в области низких значений (меньше 2 Ом·км) изменение сопротивления балласта приводит к значительному изменению напряжения на входе путевого приемника, что может вызвать сбой в работе рельсовой цепи. Увеличение длины рельсовой линии приводит к уменьшению ее входного сопротивления, а повышение частоты измерения вызывает увеличение входного сопротивления. В обоих случаях входное сопротивление стремится к значению волнового сопротивления. Частоту измерения следует выбирать с учетом длины рельсовой линии и верхней границы сопротивления балласта, в качестве которой можно принять значение 5 Ом·км. В области более высоких значений сопротивления балласта его изменения незначительно влияют на входное напряжение путевого приемника. При этом корректировка выходного напряжения путевого генератора может не выполняться. **Научная новизна.** Усовершенствован метод измерения сопротивления изоляции рельсовой линии, что позволяет автоматически определять сопротивление балласта. Установлена зависимость между частотой измерения, длиной рельсовой линии и сопротивлением балласта. **Практическая значимость.** Предложенный метод позволяет повысить надежность тональных рельсовых цепей, обеспечить их устойчивую работу в условиях флуктуаций сопротивления балласта, благодаря определению фактического сопротивления изоляции рельсовой линии и адаптации рельсовых цепей к реальным условиям их эксплуатации.

Ключевые слова: тональные рельсовые цепи; четырехполюсники; сопротивление балласта; волновое сопротивление; путевые генераторы

Введение

Безопасность движения поездов во многом зависит от надежности систем железнодорожной автоматики и телемеханики (СЖАТ). В настоя-

щее время базовыми элементами таких систем являются рельсовые цепи (РЦ), с помощью которых выполняется контроль свободности путевых участков и целостности рельсовых нитей.

АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ НА ТРАНСПОРТІ

В процессе развития рельсовые цепи прошли значительный эволюционный путь от цепей постоянного тока с непрерывным питанием до современных тональных рельсовых цепей (ТРЦ) [1, 12, 15, 16]. Использование сигнального тока тонального диапазона позволяет существенно повысить помехозащищенность и ослабить взаимные влияния между рельсовыми цепями, в несколько раз снизить потребляемую мощность. Кроме этого, благодаря чередованию в ТРЦ различных несущих и модулирующих частот, обеспечивается возможность исключения изолирующих стыков, которые являются одними из самых ненадежных элементов СЖАТ [12, 16].

Значительная часть сбоев рельсовых цепей вызвана их неустойчивой работой в условиях воздействия различных электромагнитных помех, а также флуктуаций сопротивления изоляции (балласта) рельсовой линии. Основными источниками помех являются тяговая сеть, смежные РЦ, сигналы автоматической локомотивной сигнализации (АЛС). Флуктуации сопротивления балласта происходят вследствие изменения температуры, влажности, а также в результате загрязнения верхнего строения пути.

В работах [11, 13, 14] приведены результаты исследования электромагнитного влияния тяговой сети на работу рельсовых цепей, получены параметры помех, создаваемых тяговым током. Одно из направлений улучшения помехоустойчивости ТРЦ связано с использованием более информативных форм сигнала контроля рельсовой линии (КРЛ), увеличением числа его селективных признаков [7]. Благодаря этому, повышается вероятность правильного обнаружения такого сигнала на фоне помех и уменьшается вероятность ошибки. Другим направлением повышения помехоустойчивости рельсовых цепей является применение более совершенных алгоритмов обработки сигналов. Алгоритм, предложенный в работе [10], базируется на сравнении временных зависимостей сигнала на входе путевого приемника при занятии и освобождении рельсовой цепи. В работах [2, 8] предлагается использовать синхронное детектирование сигналов КРЛ, а в работе [4] – корреляционный метод приема в сочетании со схемой «широкополосный фильтр–ограничитель–узкополосный фильтр».

Путевой приемник рельсовой цепи выполняет сравнение амплитуды сигнала КРЛ с поро-

говым значением. В результате этого принимается решение о свободности (занятости) контролируемого участка и целостности рельсовых нитей. Флуктуации сопротивления балласта вызывают случайные изменения амплитуды сигнала КРЛ, которая может достичь порогового значения, в результате чего будет неверно определено состояние рельсовой цепи. В работе [9] для уменьшения влияния сопротивления балласта предлагается использовать два сигнала КРЛ с различными несущими частотами, а решение о состоянии РЦ принимать по величине разности амплитуд этих сигналов. В микросистемных системах автоблокировки АБ-ЧКЕ, АБ-УЕ для повышения устойчивости РЦ анализируется не амплитуда сигнала на входе путевого приемника, а ее скачкообразные изменения [5]. При этом с пороговым значением сравнивается решающая статистика, которая получается методом кумулятивных сумм. Рассмотренные методы не позволяют полностью устранить влияние флуктуаций сопротивления изоляции рельсовой линии, так как не учитывают фактическое состояние балласта.

Цель

Целью данной работы является разработка метода повышения устойчивости тональных рельсовых цепей, учитывающего фактическое сопротивление изоляции рельсовой линии.

Методика

Рассмотрим, как влияют флуктуации сопротивления балласта на работу тональных рельсовых цепей. Для этого воспользуемся схемой замещения РЦ в нормальном режиме (рис. 1), которая содержит три каскадно включенных четырехполюсника: РЛ – четырехполюсник рельсовой линии; Н и К – четырехполюсники передающего и приемного концов соответственно [1]. К рельсовой цепи подключается путевой генератор с выходным напряжением U_r , а также путевой приемник с входным сопротивлением $Z_{\text{пр}}$.



Рис. 1. Схема замещения рельсовой цепи

АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ НА ТРАНСПОРТІ

Параметры общего четырехполюсника рельсовой цепи определяются путем перемножения матриц четырехполюсников Н, РЛ и К:

$$\begin{bmatrix} A_o & B_o \\ C_o & D_o \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_n & B_n \\ C_n & D_n \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ \frac{1}{Z_{cm1}} & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix} \times \\ \times \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ \frac{1}{Z_{cm2}} & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} A_k & B_k \\ C_k & D_k \end{bmatrix}, \quad (1)$$

где A_n, B_n, C_n, D_n – параметры четырехполюсника Н; A, B, C, D – параметры четырехполюсника рельсовой линии; A_k, B_k, C_k, D_k – параметры четырехполюсника К; Z_{cm1}, Z_{cm2} – входные сопротивления смежных рельсовых линий (учитываются при отсутствии изолирующих стыков).

Параметры четырехполюсника рельсовой линии, которая представляет собой цепь с распределенными параметрами, определяются следующим образом [1]:

$$A = D = \operatorname{ch}(\gamma l), \quad (2)$$

$$B = Z_B \operatorname{sh}(\gamma l), \quad (3)$$

$$C = \operatorname{sh}(\gamma l) / Z_B, \quad (4)$$

где $\gamma = \sqrt{(R_p + j\omega L_p)(1/R_n + j\omega C_n)}$ – коэффициент распространения волны (R_p и L_p – километрические активное сопротивление и индуктивность рельсовой петли; ω – циклическая частота; R_n и C_n – километрические сопротивление изоляции и емкость рельсовой линии); l – длина рельсовой линии; $Z_B = \sqrt{(R_p + j\omega L_p)/(1/R_n + j\omega C_n)}$ – волновое сопротивление.

Четырехполюсники Н и К включают в себя питающий и приемный кабель соответственно, устройства защиты и согласования, кабельные резисторы, а также конденсаторы, предназначенные для подачи в рельсовую цепь сигналов АЛС. Кроме этого, в состав четырехполюсника Н входит путевой фильтр. Методика определения параметров четырехполюсников Н и К приведена в работах [1, 3].

Напряжение на входе путевого приемника зависит от напряжения путевого генератора и параметров общего четырехполюсника РЦ

$$\dot{U}_{\text{пн}} = \frac{\dot{U}_r Z_{\text{пн}}}{A_o Z_{\text{пн}} + B_o}. \quad (5)$$

В соответствии с выражениями (1)–(5) была получена зависимость напряжения на входе путевого приемника от сопротивления балласта (рис. 2). Для исследования была выбрана рельсовая цепь с такими параметрами: несущая частота – 480 Гц; напряжение на выходе путевого генератора – 2 В; входное сопротивление приемника – 140 Ом; длина питающего кабеля – 2,4 км; длина приемного кабеля – 1,7 км; километрическое сопротивление кабеля – 47 Ом/км; километрическая емкость кабеля – 50 нФ/км; емкость АЛС – 4 мкФ; коэффициент трансформации согласующих трансформаторов – 38; сопротивление защитных резисторов – 0,3 Ом. Расчеты проводились для трех значений длины рельсовой линии: 300, 500 и 700 м.

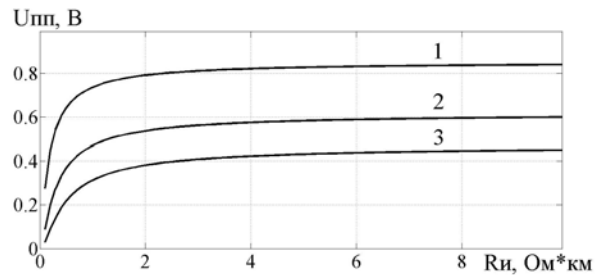


Рис. 2. Зависимость напряжения на входе путевого приемника от сопротивления балласта:

1 – длина рельсовой линии 300 м; 2 – 500 м; 3 – 700 м

Как показывают полученные зависимости (см. рис. 2), в области низких значений (меньше 2 Ом·км) изменение сопротивления балласта приводит к значительному изменению напряжения на входе приемника. Для тональных рельсовых цепей третьего типа (ТРЦЗ) напряжение срабатывания путевого приемника составляет 0,32 В [6]. С учетом этого, рельсовая цепь длиной 300 м в нормальном режиме работы может зафиксировать ложную занятость участка при уменьшении сопротивления балласта до 0,15 Ом·км. В ТРЦ длиной 500 и 700 м могут произойти сбои при понижении сопротивления изоляции до 0,4 и 1,2 Ом·км соответственно. Повышая выходное напряжение путевого генератора, можно уменьшить нижнюю границу допустимого сопротивления балласта. Однако это приводит к ухудшению шунтовой чувствительности и чувствительности к повреждению рельсовых нитей при высоких значениях сопротивления балласта.

АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ НА ТРАНСПОРТІ

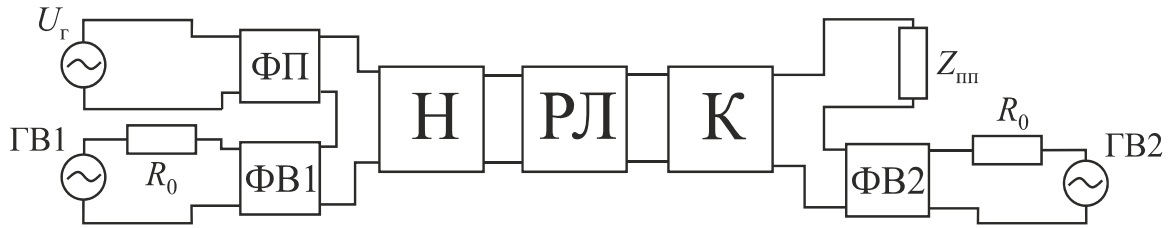


Рис. 3. Схема подключения к рельсовой цепи дополнительных высокочастотных генераторов

Запишем систему уравнений четырехполюсника рельсовой линии:

$$\begin{cases} \dot{U}_1 = A\dot{U}_2 + B\dot{I}_2 = \text{ch}(\gamma l)\dot{U}_2 + Z_{\text{в}} \text{sh}(\gamma l)\dot{I}_2, \\ \dot{I}_1 = C\dot{U}_2 + D\dot{I}_2 = (\text{sh}(\gamma l)/Z_{\text{в}})\dot{U}_2 + \text{ch}(\gamma l)\dot{I}_2, \end{cases} \quad (6)$$

где $\dot{U}_1, \dot{I}_1$ – напряжение и ток на входе РЛ; $\dot{U}_2, \dot{I}_2$ – напряжение и ток на выходе РЛ.

Используя систему (6) и учитывая то, что $\dot{U}_2 = \dot{I}_2 Z_{\text{н}}$, определим входное сопротивление рельсовой линии

$$Z_{\text{вх}} = Z_{\text{в}} \frac{Z_{\text{н}} \text{ch}(\gamma l) + Z_{\text{в}} \text{sh}(\gamma l)}{Z_{\text{в}} \text{ch}(\gamma l) + Z_{\text{н}} \text{sh}(\gamma l)}. \quad (7)$$

где $Z_{\text{н}} = (A_{\text{к}} Z_{\text{пп}} + B_{\text{к}}) / (C_{\text{к}} Z_{\text{пп}} + D_{\text{к}})$ – сопротивление нагрузки четырехполюсника РЛ.

Преобразуем выражение (7):

$$Z_{\text{вх}} = Z_{\text{в}} \frac{(Z_{\text{н}} + Z_{\text{в}})e^{\gamma l} + (Z_{\text{н}} - Z_{\text{в}})e^{-\gamma l}}{(Z_{\text{н}} + Z_{\text{в}})e^{\gamma l} + (Z_{\text{в}} - Z_{\text{н}})e^{-\gamma l}}. \quad (8)$$

Если $\gamma l \gg 1$, то вторыми слагаемыми в числителе и знаменателе выражения (8) можно пренебречь. При этом входное сопротивление рельсовой линии практически равняется ее волновому сопротивлению и не зависит от сопротивления нагрузки.

Предложенный метод повышения устойчивости тональных рельсовых цепей базируется на автоматическом определении сопротивления изоляции рельсовой линии и корректировке выходного напряжения путевого генератора в зависимости от фактического состояния балласта. Для этого к передающему и приемному концу ТРЦ подключаются дополнительные высокочастотные генераторы ГВ1, ГВ2 и высокочастотные фильтры ФВ1, ФВ2 (рис. 3). Благодаря использованию высокочастотных фильтров устраняется влияние сигнального тока, токов АЛС, а также гармоник тягового тока на

работу высокочастотных генераторов. В свою очередь, путевой фильтр ФП и входной фильтр путевого приемника (на схеме не показан) защищают аппаратуру ТРЦ от сигналов высокочастотных генераторов. На рис. 3 путевой фильтр вынесен за пределы четырехполюсника Н. Взаимное влияние генераторов ГВ1 и ГВ2 исключается, благодаря затуханию высокочастотных сигналов в рельсовой линии.

При условии свободы данной ТРЦ, а также смежных рельсовых цепей включаются высокочастотные генераторы. С помощью блока определения сопротивления балласта (на рис. 3 не показан) измеряются выходные напряжения и токи генераторов ГВ1, ГВ2. Для определения токов измеряется падение напряжения на эталонных резисторах R_0 . После этого рассчитывается входное сопротивление рельсовой линии на передающем и приемном концах

$$Z_{\text{вх1}} = \frac{D'_{\text{н}}(\dot{U}_{\text{г1}}/\dot{I}_{\text{г1}}) - B'_{\text{н}}}{A'_{\text{н}} - C'_{\text{н}}(\dot{U}_{\text{г1}}/\dot{I}_{\text{г1}})}, \quad (9)$$

$$Z_{\text{вх2}} = \frac{D'_{\text{к}}(\dot{U}_{\text{г2}}/\dot{I}_{\text{г2}}) - B'_{\text{к}}}{A'_{\text{к}} - C'_{\text{к}}(\dot{U}_{\text{г2}}/\dot{I}_{\text{г2}})}, \quad (10)$$

где $\dot{U}_{\text{г1}}, \dot{I}_{\text{г1}}$ – напряжение и ток на выходе генератора ГВ1; $\dot{U}_{\text{г2}}, \dot{I}_{\text{г2}}$ – напряжение и ток на выходе ГВ2; $A'_{\text{н}}, B'_{\text{н}}, C'_{\text{н}}, D'_{\text{н}}$ – параметры четырехполюсника Н с учетом фильтров ФВ1 и ФП; $A'_{\text{к}}, B'_{\text{к}}, C'_{\text{к}}, D'_{\text{к}}$ – параметры обратного четырехполюсника К с учетом фильтра ФВ2 и входного фильтра путевого приемника.

Рабочие частоты генераторов ГВ1, ГВ2 выбираются таким образом, чтобы выполнялось условие $\gamma l \gg 1$. Благодаря этому, полученные величины $Z_{\text{вх1}}$ и $Z_{\text{вх2}}$ представляют собой волновые сопротивления РЛ на передающем и приемном концах соответственно. Данные

АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ НА ТРАНСПОРТІ

значения применяются для определения полной километровой проводимости изоляции РЛ:

$$Y_{и1} = \frac{1}{R_{и1}} + j\omega C_{и1} = \frac{Z_p}{4Z_{вх1}^2}, \quad (11)$$

$$Y_{и2} = \frac{1}{R_{и2}} + j\omega C_{и2} = \frac{Z_p}{4Z_{вх2}^2}, \quad (12)$$

где $Z_p = R_p + j\omega L_p$ – полное километровое сопротивление рельсовой петли на частоте измерения. Выделив вещественную часть у $Y_{и1}$ и $Y_{и2}$, можно найти сопротивление балласта на передающем и приемном концах РЛ.

В ТРЦ путевого генератора подключается к двум смежным рельсовым линиям. При этом на границах рельсовых цепей, как правило, отсутствуют изолирующие стыки. Этим объясняется введение коэффициента «4» в выражения (11) и (12).

В справочной литературе приводятся нормативные значения полного километрового сопротивления рельсовой петли для нескольких фиксированных частот [1, 5]. Для определения сопротивления рельсовой петли на частоте измерения можно выполнить интерполяцию нормативных значений.

Значение выходного напряжения путевого генератора выбирается таким образом, чтобы выполнялись нормальный, шунтовой и контрольный режимы в двух смежных РЦ. Для оценки состояния балласта предлагается определять среднее сопротивление изоляции РЛ на передающем конце и приемных концах двух совмещенных рельсовых цепей. Данное значение можно использовать для корректировки выходного напряжения путевого генератора. Благодаря этому будет выполняться автоматическая регулировка рельсовых цепей в зависимости от фактического сопротивления балласта. Такая регулировка может проводиться только в нормальном режиме работы ТРЦ. После занятия соседней рельсовой цепи, а также во время нахождения поезда на участке данной ТРЦ выходное напряжение путевого генератора должно быть постоянным.

Результаты

В соответствии с выражениями (1)–(7) были выполнены расчеты входного сопротивления рельсовой линии при различных значениях ее

длины, сопротивления изоляции и частоты измерения. Параметры элементов четырехполюсников Н и К были выбраны такими же, как и при определении напряжения на входе путевого приемника (см. выше).

На первом этапе исследовалось влияние длины рельсовой линии на ее входное сопротивление. Расчеты проводились для частоты измерения 5 кГц и нормативного значения полного километрового сопротивления рельсовых нитей [5]. Результаты представлены на рис. 4, где сплошной линией показан модуль входного сопротивления РЛ, а пунктирной – модуль ее волнового сопротивления. Анализ полученных зависимостей свидетельствует о том, что при увеличении длины рельсовой линии $Z_{вх}$ уменьшается и стремится к значению $Z_{в}$. Причем, чем меньше сопротивление балласта, тем при меньшей длине РЛ достигается значение волнового сопротивления.

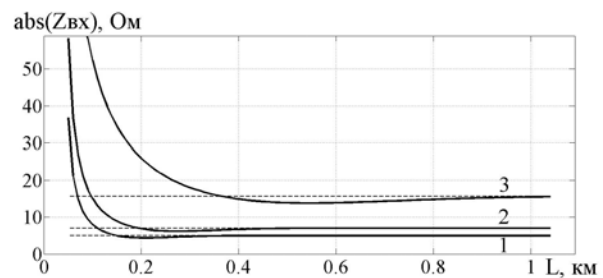


Рис. 4. Зависимость модуля входного сопротивления рельсовой линии от ее длины:
1 – сопротивление изоляции 0,5 Ом·км;
2 – 1 Ом·км; 3 – 5 Ом·км

На следующем этапе исследовалась зависимость модуля входного сопротивления РЛ от частоты измерения. Для получения частотных характеристик километровых активного сопротивления и индуктивности рельсов была выполнена интерполяция и экстраполяция нормативных значений, приведенных в [5]. Расчеты проводились при сопротивлении балласта 5 Ом·км. Результаты представлены на рис. 5, где сплошной линией показаны частотные характеристики модуля входного сопротивления РЛ, а пунктирной – модуля волнового сопротивления. Как видно из полученных зависимостей, при повышении частоты измерения $Z_{вх}$ увеличивается и стремится к значению $Z_{в}$. Так, для рельсовой линии длиной 700 м входное сопротивление практически равняется волновому

АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ НА ТРАНСПОРТІ

на частоті 9 кГц і вище (см. рис. 5, а), а для рельсової лінії довжиною 900 м – на частоті 5 кГц і вище (см. рис. 5, б).

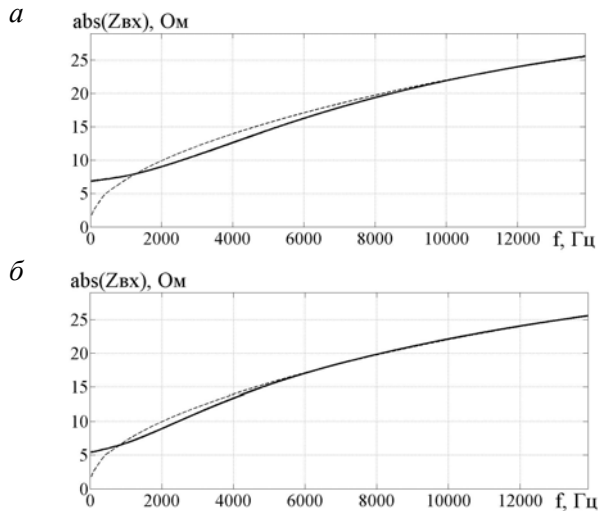


Рис. 5. Влияние частоты измерения на входное сопротивление рельсовой линии длиной 700 м (а) и 900 м (б)

Таким образом, частоту измерительных генераторов ГВ1 и ГВ2 следует выбирать с учетом длины рельсовой линии и верхней границы сопротивления балласта. Так как в области высоких значений изменения сопротивления балласта незначительно влияют на входное напряжение путевого приемника (см. рис. 2), то при выборе частоты измерения в качестве верхней границы $R_{\text{н}}$ можно принять сопротивление 5 Ом·км. При этом если будет зафиксировано большее значение сопротивления балласта, то не будет выполняться корректировка выходного напряжения путевого генератора.

Научная новизна и практическая значимость

Усовершенствован метод измерения сопротивления изоляции рельсовой линии, что позволяет автоматически определять сопротивление балласта. Установлена зависимость между частотой измерения, длиной рельсовой линии и сопротивлением балласта.

Предложенный метод позволяет повысить надежность тональных рельсовых цепей, обеспечить их устойчивую работу в условиях флуктуаций сопротивления балласта, благодаря определению фактического сопротивления изоляции рельсовой линии и адаптации рельсовых цепей к реальным условиям их эксплуатации.

Выводы

1. Значительная часть сбоев рельсовых цепей вызвана их неустойчивой работой при флуктуациях сопротивления балласта, которые происходят вследствие изменения температуры, влажности, а также в результате загрязнения верхнего строения пути.

2. Для повышения устойчивости тональных рельсовых цепей предлагается автоматически определять сопротивление изоляции рельсовой линии и в зависимости от данного значения корректировать выходное напряжение путевого генератора. Сопротивление балласта можно определить по значению входного сопротивления рельсовой линии, которое на высоких частотах практически равняется волновому сопротивлению.

3. Для реализации предложенного метода к рельсовой цепи необходимо подключить дополнительные высокочастотные генераторы, высокочастотные фильтры, блок определения сопротивления балласта и корректировки выходного напряжения путевого генератора.

4. Частоту высокочастотных генераторов следует выбирать с учетом максимального значения сопротивления изоляции и длины рельсовой линии. В качестве верхней границы сопротивления балласта можно принять значение 5 Ом·км. При этом если будет зафиксировано большее сопротивление балласта, то не будет выполняться корректировка выходного напряжения путевого генератора.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Аркатов, В. С. Рельсовые цепи магистральных железных дорог / В. С. Аркатов, А. И. Баженов, Н. Ф. Котляренко. – М. : Транспорт, 1992. – 384 с.
2. Бабаев, М. М. Повышение помехозащищенности тональных рельсовых цепей / М. М. Бабаев, И. А. Саяпина // Зб. наук. пр. Донецького ін-ту заліз. трансп. – Донецьк, 2012. – Вип. 32. – С. 100–105.
3. Гончаров, К. В. Исследование переходных процессов в тональных рельсовых цепях / К. В. Гончаров // Наука та прогрес трансп. Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2013. – № 4 (46). – С. 7–17.

АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ НА ТРАНСПОРТІ

4. Гончаров, К. В. Методы защиты тональных рельсовых цепей от влияния импульсных помех / К. В. Гончаров // Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Д., 2012. – Вип. 41. – С. 191–196.
5. Кравцов, Ю. А. Системы железнодорожной автоматики и телемеханики / Ю. А. Кравцов, В. Л. Нестеров, Г. Ф. Лекута. – М. : Транспорт, 1996. – 400 с.
6. Кулик, П. Д. Практичний посібник з технічного утримання апаратури тональних рейкових кіл : керівний нормативний документ «Укрзалізниці» / П. Д. Кулик, О. О. Удовіков, В. І. Басов. – К. : Мінтрансзв'язку України, 2006. – 236 с.
7. Лисенков, В. М. Методы повышения безопасности функционирования рельсовых цепей / В. М. Лисенков, А. Е. Ваньшин, М. В. Катков // Автоматика, связь, информатика. – 2010. – № 4. – С. 8–10.
8. Пат. 101093 Україна, МПК В 61 L 23/00. Рельсове коло / Бабаєв М. М., Кошевий С. В., Сотник В. О., Романчук В. Б., Ананьєва О. М., Саяпіна І. О. (Україна) ; заявник та патентовласник Українська держ. акад. залізн. трансп. – № а201110949 ; заявл. 13.09.2011 ; опубл. 25.01.2012, Бюл. № 2. – 3 с.
9. Пат. 2278046 Российская Федерация, МПК В 61 L 23/16. Рельсовая цепь / Тарасов Е. М., Левченко А. С., Куров М. Б., Митрохин Ю. В., Тарасова Е. В., Волик В. Г. (Российская Федерация) ; заявитель и патентообладатель Самарская гос. акад. путей сообщ. – № 2005100125/11 ; заявл. 11.01.2005 ; опубл. 20.06.2006, Бюл. № 17. – 7 с.
10. Пат. 75693 Україна, МПК В 61 L 25/06. Спосіб підвищення завадостійкості рейкового кола / Романцев І. О. (Україна) ; заявник та патентовласник Дніпропетр. нац. ун-т залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – № u201206516 ; заявл. 29.05.2012 ; опубл. 10.12.2012, Бюл. № 23. – 1 с.
11. Сердюк, Т. Н. Измерение электромагнитных помех в обратной тяговой сети / Т. Н. Сердюк, А. В. Завгородний, В. И. Гаврилюк // Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Д., 2009. – Вип. 29. – С. 134–139.
12. Федоров, Н. Е. Современные системы автоблокировки с тональными рельсовыми цепями / Н. Е. Федоров. – Самара : СамГАПС, 2004. – 132 с.
13. Gavriluk, V. Computer simulation of electromagnetic interference from railway electric power system harmonic / V. Gavriluk, A. Zavgorodnij, A. Myrgorodska // Arch. of Transport System Telematics. – 2009. – Vol. 2, iss. 1. – P. 33–37.
14. Gavriluk, V. Statistical analysis of electromagnetic interference between AC traction current and track circuits / V. Gavriluk, A. Zavgorodnij // Arch. of Transport System Telematics. – 2010. – Vol. 3, iss. 4. – P. 14–18.
15. Nock, O. S. Railway Signalling: a treatise on the recent practice of British Railways / O. S. Nock. – London : A&C Black Publishers Ltd, 1982. – 312 p.
16. Theeg, G. Railway Signalling and Interlocking. International Compendium / G. Theeg, S. Vlasenko. – Hamburg : Eurailpress, 2009. – 448 p.

К. В. ГОНЧАРОВ^{1*}

^{1*}Каф. «Автоматика, телемеханіка та зв'язок», Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, Дніпропетровськ, Україна, 49010, тел. +38 (056) 373 15 04, ел. пошта goncharov_k@inbox.ru

ПІДВИЩЕННЯ СТІЙКОСТІ ТОНАЛЬНИХ РЕЙКОВИХ КІЛ В УМОВАХ ФЛУКТУАЦІЙ ОПОРУ БАЛАСТУ

Мета. Розробка методу підвищення стійкості тональних рейкових кіл, що враховує фактичний опір ізоляції (баласту) рейкової лінії. **Методика.** Для досягнення поставленої мети запропоновано автоматично визначати опір ізоляції рейкової лінії й, у залежності від даного значення, коригувати вихідну напругу колійного генератора. Опір баласту визначається за значенням вхідного опору рейкової лінії, який на високих частотах практично дорівнює хвильовому опору. Для реалізації запропонованого методу до рейкового кола необхідно підключити додаткові високочастотні генератори, високочастотні фільтри, блок визначення опору баласту та коригування вихідної напруги колійного генератора. **Результати.** У результаті проведених досліджень було встановлено, що в області низьких значень (менше 2 Ом·км) зміна опору баласту призводить до значної зміни напруги на вході колійного приймача, що може викликати збій у роботі рейкового кола. Збільшення довжини рейкової лінії призводить до зменшення її вхідного опору,

АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ НА ТРАНСПОРТІ

а підвищення частоти вимірювання викликає збільшення вхідного опору. В обох випадках вхідний опір наближається до значення хвильового опору. Частоту вимірювання слід обирати з урахуванням довжини рейкової лінії та верхньої границі опору баласту, в якості якої можна прийняти значення 5 Ом·км. В області більш високих значень опору баласту його зміни незначно впливають на вхідну напругу колійного приймача. При цьому коригування вихідної напруги колійного генератора може не виконуватись. **Наукова новизна.** Удосконалено метод вимірювання опору ізоляції рейкової лінії, що дозволяє автоматично визначати опір баласту. Встановлена залежність між частотою вимірювання, довжиною рейкової лінії та опором баласту. **Практична значимість.** Запропонований метод дозволяє підвищити надійність тональних рейкових кіл, забезпечити їх стійку роботу в умовах флуктуацій опору баласту, завдяки визначенню фактичного опору ізоляції рейкової лінії та адаптації рейкових кіл до реальних умов їх експлуатації.

Ключові слова: тональні рейкові кола; чотириполюсники; опір баласту; хвильовий опір; колійні генератори

K. V. HONCHAROV^{1*}

^{1*}Dep. «Automation, Telemechanics and Communications», Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan, Lazaryan St., 2, Dnipropetrovsk, Ukraine, 49010, tel. +38 (056) 373 15 04, e-mail goncharov_k@inbox.ru

IMPROVING THE STABILITY OF TONAL TRACK CIRCUITS UNDER FLUCTUATIONS OF BALLAST RESISTANCE

Purpose. The purpose of investigation is the development of method for improving the stability of tonal track circuits that takes into account the actual insulation resistance (ballast resistance) of rail line. **Methodology.** To achieve the research purpose it was proposed to automatically determine the insulation resistance of rail line, and depending on this value to adjust the output voltage of track generator. Ballast resistance is determined by the value of input resistance the rail line, which at high frequencies practically is equal to the wave impedance. To implement the proposed method it is necessary to connect to the track circuit additional high-frequency generators, high-frequency filters, unit for finding the ballast resistance and adjusting the output voltage of track generator. **Findings.** As a result of research it was found that at low values (less than 2 Ohms·km) the change of ballast resistance causes significant change of voltage at the track receiver input, which may cause malfunction of the track circuit. Increasing the length of rail line leads to the reducing of its input resistance, raising the measuring frequency causes increasing the input resistance. In both cases, the input resistance tends to the value of the wave impedance. The measuring frequency should be chosen taking into account the length of rail line and the upper limit of ballast resistance, the value 5 Ohms·km can be taken as that limit. At higher values of ballast resistance its changes insignificantly influence the input voltage of track receiver. In this case, the adaptive adjustment of voltage at the track generator output is not performed. **Originality.** The method for measuring the insulation resistance of rail line has been improved that allows one to determine the ballast resistance automatically. The dependence between measuring frequency, length of rail line and ballast resistance have been determined. **Practical value.** The proposed method allows one to improve the reliability of tonal track circuits, to provide their stable operation under fluctuations of ballast resistance due to determination of the actual insulation resistance of rail line and the adaptation of track circuits to the actual conditions of their operation.

Keywords: tonal track circuits; quadripole; ballast resistance; wave impedance; track generator

REFERENCES

1. Arkatov V.S., Bazhenov A.I., Kotlyarenko N.F. *Relsovyye tsepi magistralnykh zheleznichnykh dorog* [Track circuits of mainline railways]. Moscow, Transport Publ., 1992. 384 p.
2. Babayev M.M., Sayapina I.A. Povysheniye pomekhozashchishchennosti tonalnykh relsovykh tsepoy [Improving the interference immunity of tonal track circuits]. *Zbirnyk naukovykh prats Donetskoho instytutu zaliznychnoho transportu* [Bulletin of Donetsk Institute of Railway Transport], 2012, issue 32, pp. 100-105.
3. Honcharov K.V. Issledovaniye perekhodnykh protsessov v tonalnykh relsovykh tsepyakh [Investigation of transient processes in tonal track circuits]. *Nauka ta progres transportu. Visnyk Dnipropetrovskoho natsionalnoho universytetu zaliznychnoho transportu imeni akademika V. Lazariana – Science and Transport Progress*.

АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ НА ТРАНСПОРТІ

- Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan*, 2013, no. 4 (46), pp. 7-17.
4. Honcharov K.V. Metody zashchity tonalnykh relsovykh tsepey ot vliyaniya impulsnykh pomekh [Methods of protection of tonal track circuits from influence of pulse interferences]. *Visnyk Dnipropetrovskoho natsionalnoho universytetu zaliznychnoho transportu imeni akademika V. Lazariana* [Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan], 2011, issue 38, pp. 188-193.
 5. Kravtsov Yu. A., Nesterov V.L., Lekuta G.F. *Sistemy zheleznodorozhnoy avtomatiki i telemekhaniki* [Systems of railway automation and telemechanics]. Moscow, Transport Publ., 1992. 400 p.
 6. Kulik P.D., Udovikov O.O., Basov V.I. *Praktychnyi posibnyk z tekhnichnoho utrymannia apparatury tonalnykh reykovykh kil* [Practical guide to technical facility retention of tonal track circuits]. Kyiv, Mintransviazku Ukrainy Publ., 2006. 236 p.
 7. Lisenkov V.M., Vanshin A.Ye., Katkov M.V. Metody povysheniya bezopasnosti funktsionirovaniya relsovykh tsepey [Methods to improve the functional safety of track circuits]. *Avtomatika, svyaz, informatika – Automation, communication, informatics*, 2010, no. 4, pp. 8-10.
 8. Babaiev M.M., Koshevyi S.V., Sotnyk V.O., Romanchuk V.B., Ananieva O.M., Saiapina I.O. *Relsove kolo* [Track circuit]. Patent UA, no. a2011 10949, 2011.
 9. Tarasov Ye.M., Levchenko A.S., Kurov M.B., Mitrokhin Yu.V., Tarasova Ye.V., Volik V.G. *Relsovaya tsep* [Track circuit]. Patent RU, no. 2005 100125/11, 2005.
 10. Romantsev I.O. *Sposib pidvyshhennia zavodostiykosti reykovooho kola* [Method to improve the interference immunity of track circuit]. Patent UA, no. u2012 06516, 2012.
 11. Serdyuk T.N., Zavgorodnij A.V., Gavrilyuk V.I. Izmereniye elektromagnitnykh pomekh v obratnoy tyagovoy seti [Measurement of electromagnetic interference in the return traction network]. *Visnyk Dnipropetrovskoho natsionalnoho universytetu zaliznychnoho transportu imeni akademika V. Lazariana* [Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan], 2009, issue 29, pp. 134-139.
 12. Fedorov N.Ye. *Sovremennyye sistemy avtoblokirovki s tonalnymi relsovyimi tsepyami* [Modern automatic block systems with tonal track circuits]. Samara, SamGAPS, 2004. 132 p.
 13. Gavrilyuk V., Zavgorodnij A., Myrgorodska A. Computer simulation of electromagnetic interference from railway electric power system harmonic. *Archives of Transport System Telematics*, 2009, vol. 2, issue 1, pp. 33-37.
 14. Gavrilyuk V., Zavgorodnij A. Statistical analysis of electromagnetic interference between AC traction current and track circuits. *Archives of Transport System Telematics*, 2010, vol. 3, issue 4, pp. 14-18.
 15. Nock O.S. *Railway Signalling: a treatise on the recent practice of British Railways*. London, A&C Black Publishers Ltd Publ., 1982. 312 p.
 16. Theeg G., Vlasenko S. *Railway Signalling and Interlocking. International Compendium*. Hamburg, Eurailpress Publ., 2009. 448 p.

Стаття рекомендована к публікації д.физ.-мат.н., проф. В. І. Гаврилюком (Україна); д.физ.-мат.н., проф. А. В. Коваленко (Україна)

Поступила в редколлегию 08.11.2013

Принята к печати 15.11.2013

ЕКОЛОГІЯ НА ТРАНСПОРТІ

УДК [502.3:504.5:621.43.068.4]:656.13

Т. И. РУСАКОВА^{1*}

^{1*}Каф. «Аэрогидромеханика и энергомассоперенос», Днепропетровский национальный университет имени О. Гончара, ул. Казакова, 18, корп. № 14, Днепропетровск, Украина, 49010, тел. +38 (056) 776 82 05, эл. почта rusackovat@yandex.ru

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ ОТ АВТОТРАНСПОРТА НА УЛИЦАХ И В МИКРОРАЙОНАХ ГОРОДА

Цель. Разработка прикладной численной модели для прогноза уровня загрязнения атмосферы на улицах и в микрорайоне города с учетом химических превращений загрязняющих веществ. **Методика.** Для решения гидродинамической задачи по определению поля скорости ветрового потока на улице использовался метод дискретных вихрей, в микрорайоне города – метод отрывных вихревых течений идеальной несжимаемой жидкости, для решения уравнения переноса примеси – попеременно-треугольная неявная разностная схема. **Результаты.** В работе построена эффективная численная модель по типу «уличный каньон» для прогноза качества воздушной среды на улицах города и в микрорайонах города при выбросах от автотранспорта с учетом химических превращений загрязняющих веществ. **Научная новизна.** Создана численная модель, позволяющая учесть влияние зданий на рассеивание загрязняющих веществ и, в тоже время, требующая небольших затрат компьютерного времени при практической реализации. Достоинством разработанной модели является возможность оперативного расчета рассеивания выбросов на улице с учетом химических превращений загрязняющих веществ. **Практическая значимость.** Разработанная численная модель может быть использована на практике при планировании автомагистралей в новых районах городов или при реконструкции старых, для проведения серийных расчетов, требующих перебора различных вариантов расположения зданий, автомагистралей при определенных метеоусловиях.

Ключевые слова: загрязняющие вещества; автотранспорт; метод дискретных вихрей; рассеивание выбросов; разностная схема; химические превращения

Введение

Автомобильный транспорт является одним из наиболее мощных источников эмиссии загрязняющих веществ в атмосферу городов. Вследствие загрязнения воздушной среды вредными веществами отработавших газов двигателей внутреннего сгорания зоной экологического бедствия для населения становятся целые регионы, в особенности крупные города. Так как непрерывно увеличивается парк эксплуатируемых автотранспортных средств, уплотняются автотранспортные потоки и мероприятия по снижению содержания вредных веществ в процессе эксплуатации не всегда стабильны, то актуальной является проблема прогноза каче-

ства воздушной среды на улицах и в микрорайонах города, где проходят автомагистрали. В денежном исчислении величина ежегодного экологического ущерба: загрязнение атмосферы, шум, воздействие на климат от функционирования автотранспортного комплекса достигает 2–3 % валового национального продукта при общих экологических потерях 10 % и затратах на природоохранные мероприятия не более 1 %. Основная доля ущерба от автотранспорта (78 %) связана с загрязнением атмосферного воздуха выбросами вредных веществ, что во многом объясняется низким качеством отечественных топлив в сравнении с европейскими стандартами, а 16 % ущерба приходится на по-

ЕКОЛОГІЯ НА ТРАНСПОРТІ

следствия шумового воздействия транспорта на население. При сгорании топлива в цилиндрах двигателей образуются нетоксичные (водяной пар, углекислый газ) и токсичные вещества. Последние являются продуктами сгорания или побочных реакций, протекающих при высоких температурах. К ним относятся окись углерода CO , углеводороды C_mH_n , окислы азота (NO и NO_2), обычно обозначаемые NO_x . Кроме перечисленных веществ, вредное воздействие на организм человека оказывают выделяемые при работе двигателей соединения свинца, канцерогенные вещества, сажа и альдегиды.

Прогноз загрязнения атмосферы на улицах от выбросов транспорта является важной задачей в области экологической безопасности. Такой прогноз нужен на этапе планирования новых и реконструкции старых жилых районов. Для практики необходимо иметь расчетные методики, которые позволяли бы проектировщику охватить типовые ситуации, связанные с формированием зон загрязнения на улицах. Также можно отметить, что задача данного класса является очень сложной с точки зрения теоретического решения. Сложность решения обусловлена тем, что здания на улицах представляют собой препятствия, влияющие на изменение поля скорости воздушного потока. Это изменение скорости оказывает влияние на распределение примеси в условиях застройки. Таким образом, для разработки адекватных математических моделей крайне важно учесть влияние зданий на формирование зоны загрязнения.

В настоящее время используется несколько классов математических моделей для решения задачи прогнозирования качества воздушной среды на улицах. Как правило, это эмпирические модели [4], аналитические модели – модель Гаусса [14, 19] и численные модели на базе уравнений Навье–Стокса [6, 8, 23]. Эмпирические и аналитические модели позволяют оперативно рассчитать поле концентрации загрязняющего вещества, но они не учитывают влияние положения зданий на улицах и их геометрических размеров на процесс формирования зоны загрязнения. Необходимо отметить, что численные модели, которые основаны на уравнениях Навье–Стокса, учитывают влияние зданий, но требуют значительного количества компьютерного времени (порядка нескольких

суток), что не позволяет применять эти модели для серийных расчетов. Кроме этого, как известно, в настоящее время существует большая проблема моделирования турбулентности. Даже общеизвестные модели турбулентности [23] дают достаточно плохие результаты при моделировании обтекания зданий. Следует подчеркнуть, что в настоящее время нет возможности широкого применения физического эксперимента (на базе аэродинамических труб, в гидравлических лотках) для прогноза качества воздушной среды на улицах. Это связано с тем, что для проведения такого рода эксперимента требуется уникальное оборудование, которое отсутствует в Украине. Также постановка и проведение аэродинамического эксперимента требует много времени и средств. В связи с перечисленными факторами, актуальной задачей является создание численных моделей, позволяющих учесть влияние зданий на рассеивание загрязняющих веществ и в то же время требующих небольших затрат компьютерного времени при практической реализации. С экологической точки зрения, при расчете качества воздушной среды на улицах в рамках данного класса задач также важно учесть процессы химической трансформации загрязнителей, выбрасываемых от автомобилей.

Цель

Целью данной работы является разработка прикладной численной модели для прогноза уровня загрязнения атмосферы на улицах и в микрорайоне города с учетом химических превращений загрязняющих веществ.

Методика

В первой части работы рассматривается процесс распространения загрязняющих веществ на улице для схемы размещения зданий по типу «уличный каньон» (рис.1) [20, 24]. Для прогноза качества воздушной среды необходимо предварительно решить гидродинамическую задачу по определению поля скорости ветрового потока на улице. Для моделирования процесса обтекания зданий потоком воздуха используется метод дискретных вихрей [1], который дает возможность быстро рассчитать поле скорости ветрового потока в условиях размещения зданий [11]. Решается задача об отрыв-

ЕКОЛОГІЯ НА ТРАНСПОРТІ

ном нестационарному обтеканию двух зданий. Характерные размеры первого – ℓ_1 , h_1 , второго – ℓ_2 , h_2 , расстояние между ними – $\Delta\ell$ в плоской системе координат Oxy . Поток движется с постоянной скоростью $\vec{U}(\tau)$ вдоль положительной оси Ox . Параметры h_1 , h_2 , ℓ_1 , ℓ_2 , $\Delta\ell$ могут варьироваться в зависимости от высоты и способа расположения зданий. Для моделирования отрывного обтекания рассматриваемых тел у поверхности земли используются основная и зеркально отображенная вихревые системы [2].

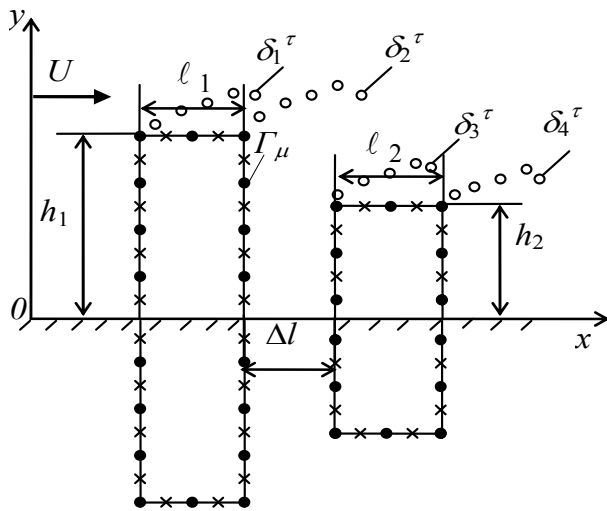


Рис. 1. Моделирование поверхности зданий системой дискретных вихрей (•) и контрольных точек (x)

Каждая из них состоит из присоединенных дискретных вихрей, циркуляции которых Γ_μ равны по величине и противоположны по знаку, и свободных δ_1^τ , δ_2^τ , δ_3^τ , δ_4^τ пелен, сходящих с изломов поверхностей в момент времени τ . Движение последних в обеих вихревых системах происходит симметрично. При таком разбиении на линии симметрии Ox автоматически в любой момент времени выполняется условие непротекания, что равносильно присутствию здесь поверхности земли.

Схема разбиения поверхностей включает: n контрольных точек, где выполняется граничное условие непротекания и n дискретных вихрей. Первые располагаются на линиях v , а вторые – на линиях μ между контрольными точками (см. рис. 1).

Циркуляции присоединенных вихрей Γ_μ на k -м шаге по времени определялись из решения системы линейных алгебраических уравнений (1), которая выражает собой условие непротекания поверхности и условие бесциркуляционного обтекания [9, 10].

$$\sum_{v=0}^n \left[\sum_{\mu=0}^n \Gamma_\mu (a_{v\mu} - a'_{v\mu}) = -\cos(\vec{U}_\infty, \vec{n})_v \right] - \sum_{kk=1}^4 \sum_{i=1}^k \delta_{kk\ i} (a_{kk\ i} - a'_{kk\ i})_v, \quad (1)$$

где Γ_μ – циркуляция μ -го присоединенного вихря; $a_{v\mu}$, $a'_{v\mu}$ – нормальные составляющие скорости в v -й контрольной точке от μ -го присоединенного вихря основной и зеркально отображенной вихревых систем соответственно; $\cos(\vec{U}_\infty, \vec{n})_v$ – косинус угла между вектором скорости потока $\vec{U}_\infty(\tau)$ и нормалью $\vec{n}$ к поверхности тела в каждой контрольной точке; $(a_{kk\ i})_v$, $(a'_{kk\ i})_v$ – нормальные составляющие скорости в v -ой контрольной точке от i -ого свободного вихря основной и зеркально отображенной вихревых систем; kk – порядковый номер вихревой пелены; k – количество свободных вихрей в потоке в момент времени τ в соответствующей вихревой пелене kk . Для первого тела характерна схема разбиения, которая предполагает расположение у поверхности земли контрольных точек, а для второго тела – вихрей, чтобы система алгебраических уравнений (1) была замкнутой.

Известные значения циркуляций присоединенных дискретных вихрей Γ_μ в местах излома поверхности определяют циркуляции свободных вихрей $\Gamma_{\delta 1}$, $\Gamma_{\delta 2}$, $\Gamma_{\delta 3}$, $\Gamma_{\delta 4}$, сходящих с поверхности тел в момент времени τ .

Для расчета поля скорости используются основные зависимости [2, 11] (2), (3).

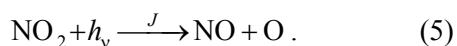
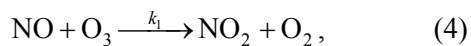
$$(V_x)_i = \sum_{r=1}^p \sum_{i=0}^n \Gamma_{\mu_r} (V_{x\mu_r} - V'_{x\mu_r})_i + \sum_{r=1}^p \sum_{j=1}^k \Gamma_{\delta_r} (V_{x\delta_r} - V'_{x\delta_r})_j + U_\infty(\tau), \quad (2)$$

ЕКОЛОГІЯ НА ТРАНСПОРТІ

$$(V_y)_i = \sum_{r=1}^p \sum_{i=0}^n \Gamma_{\mu_r} (V_{y\mu_r} - V'_{y\mu_r})_i + \sum_{r=1}^p \sum_{j=1}^k \Gamma_{\delta_r} (V_{y\delta_r} - V'_{y\delta_r})_j, \quad (3)$$

где Γ_{μ} – циркуляция μ -го присоединенного вихря, Γ_{δ_r} – циркуляция свободного вихря r -й вихревой пелены; $U_{\infty}(\tau)$ – скорость набегающего потока; $(V_x)_i$, $(V_y)_i$ – компоненты скорости в рассматриваемой точке плоскости (x_i, y_i) , которые можно рассчитать как сумму соответствующих компонент скорости от всей вихревой системы: присоединенных вихрей μ_r (компоненты $V_{x\mu_r}$, $V_{y\mu_r}$), которыми моделируются поверхности зданий, и свободных вихрей δ_r (компоненты $V_{x\delta_r}$, $V_{y\delta_r}$), сошедших с острых кромок, на данный момент времени τ основной и зеркально отображенной вихревой системы.

После вычисления поля скорости ветрового потока на улице решается задача по моделированию рассеивания газовых выбросов на улице при движении автотранспорта. Автомобили выбрасывают различные загрязняющие вещества. В настоящей работе рассматривается процесс химических превращений окиси азота и двуокиси азота. Эти химические превращения могут быть записаны в виде формул [15]



Как видно, из приведенных выше зависимостей, для образования NO_2 необходимо присутствие озона O_3 , и реакция взаимодействия протекает со скоростью, которая зависит от величины коэффициента k_1 , который определяется экспериментальным путем, как и коэффициент J , определяющий скорость превращения NO_2 в NO . Чтобы выполнить прогноз уровня загрязнения воздушной среды этими видами загрязнителей, нужно решить уравнения (6)–(8), где приведена запись уравнения переноса для конкретного загрязняющего вещества в той форме, которая принята за рубежом (в квадратных скобках записывается формула вещества) [3, 5, 7]:

$$\begin{aligned} \frac{\partial[\text{NO}]}{\partial t} + \frac{\partial u[\text{NO}]}{\partial x} + \frac{\partial v[\text{NO}]}{\partial y} = \\ = \frac{\partial}{\partial x}(\mu_x \frac{\partial[\text{NO}]}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y}(\mu_y \frac{\partial[\text{NO}]}{\partial y}) + \\ + Q_{\text{NO}} \delta(x - x_0) \delta(y - y_0), \end{aligned} \quad (6)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial[\text{NO}_2]}{\partial t} + \frac{\partial u[\text{NO}_2]}{\partial x} + \frac{\partial v[\text{NO}_2]}{\partial y} = \\ = \frac{\partial}{\partial x}(\mu_x \frac{\partial[\text{NO}_2]}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y}(\mu_y \frac{\partial[\text{NO}_2]}{\partial y}) + \\ + Q_{\text{NO}_2} \delta(x - x_0) \delta(y - y_0), \end{aligned} \quad (7)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial[\text{O}_3]}{\partial t} + \frac{\partial u[\text{O}_3]}{\partial x} + \frac{\partial v[\text{O}_3]}{\partial y} = \\ = \frac{\partial}{\partial x}(\mu_x \frac{\partial[\text{O}_3]}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y}(\mu_y \frac{\partial[\text{O}_3]}{\partial y}), \end{aligned} \quad (8)$$

где Q_{NO} – интенсивность выброса NO от автотранспорта, Q_{NO_2} – интенсивность выброса NO_2 от автотранспорта; u , v – компоненты вектора скорости ветра; $\mu = (\mu_x, \mu_y)$ – коэффициенты турбулентной диффузии; x_0, y_0 – координаты источника выброса загрязняющего вещества; $\delta(x - x_0)$, $\delta(y - y_0)$ – дельта-функция Дирака, с помощью которой моделируется выброс загрязнителя. Значение коэффициента диффузии μ_y рассчитывается по формуле $\mu_y = 0,11 y$, где y – высота над уровнем Земли. $\mu_x = (0,1 - 1) U$, где U – скорость ветра [5].

Как известно, выброс NO_2 составляет величину порядка 5 % от выброса окиси азота, а остальная часть выброса (порядка 95 %) – это выброс NO . Для расчета процесса химической трансформации необходимо знать скорость химических превращений. Основываясь на анализе зарубежных публикаций [15, 16, 18, 19, 21, 22], в работе принято, что скорость химических превращений составляет: $J = 0,0045 \text{ s}^{-1}$; $k_1 = 0,00039 \text{ ppb}^{-1} \text{ s}^{-1}$. Поскольку значение коэффициента k_1 приведено не в системных единицах концентрации, то в разработанной под-

ЕКОЛОГІЯ НА ТРАНСПОРТІ

программе расчета химической трансформации осуществляется переход от значений концентрации в г/м^3 к значению в $\text{ppb}^{-1}\text{s}^{-1}$ и обратно. Процесс химической трансформации рассчитывается на основе зависимостей (9)–(11) [18, 20].

$$\frac{d[\text{NO}]}{dt} = -k_1[\text{NO}][\text{O}_3] + J[\text{NO}_2], \quad (9)$$

$$\frac{d[\text{NO}_2]}{dt} = k_1[\text{NO}][\text{O}_3] - J[\text{NO}_2], \quad (10)$$

$$\frac{d[\text{O}_3]}{dt} = -k_1[\text{NO}][\text{O}_3] + J[\text{NO}_2]. \quad (11)$$

Постановка краевых условий для решения уравнения переноса рассмотрена в работах [5, 12]. Для численного интегрирования уравнений (6)–(8) используется попеременно-треугольная неявная разностная схема [6, 8, 13, 17]. Для этого осуществляется расщепление исходных уравнений таким образом, чтобы на разностном уровне неизвестное значение концентрации каждого загрязняющего вещества определялось по методу «бегущего счета».

Во второй части работы рассматривается математическая модель «микрорайон» и метод ее расчета. На практике возникает необходимость прогноза уровня загрязнения атмосферы в микрорайонах городов, т.е. когда необходимо изучить процесс рассеивания загрязнителей среди комплекса зданий. На первом шаге решается задача по определению поля скорости ветра при обтекании зданий (плановая задача). Для этого применяется модель отрывных вихревых течений идеальной несжимаемой жидкости [6, 13]. В этом случае базовыми уравнениями являются: уравнение переноса завихренности (12) и уравнение Пуассона для расчета функции тока (13):

$$\frac{\partial \omega}{\partial t} + \frac{\partial u \omega}{\partial x} + \frac{\partial v \omega}{\partial y} = 0, \quad (12)$$

$$\frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial y^2} = -\omega, \quad (13)$$

где $\omega = \frac{\partial v}{\partial x} - \frac{\partial u}{\partial y}$ – завихренность; ψ – функция тока.

Компоненты вектора скорости ветрового

$$\text{потока } u = \frac{\partial \psi}{\partial y}, \quad v = -\frac{\partial \psi}{\partial x}.$$

Так как отрыв потока происходит в угловых точках зданий, то в этих местах в поток сходят вихри, которые обеспечивают конечность скоростей в острых краях образующих, согласно постулата Чаплыгина–Жуковского, поэтому возникает задача расчета их интенсивности. Для решения этой задачи используется подход, рассмотренный в работе [6, 13].

Для уравнения Пуассона на поверхности препятствий ставится граничное условие «непротекания»: $\psi = 0$.

На границе входа воздушного потока в расчетную область задается вектор скорости воздушного потока и соответствующие значения функции тока ψ и завихренности ω : $\psi|_{\text{вход}} = \psi(y)$, $\omega|_{\text{вход}} = \omega(y)$.

На верхней границе расчетной области также ставится условие «непротекания»: $\psi = \text{const}$.

На границе выхода воздушного потока из расчетной области ставятся «мягкие» граничные условия, необходимые для замыкания разностных уравнений.

Решение стационарной гидродинамической задачи находится методом установления решения по времени t . Для этого в начальный момент $t = 0$ для завихренности ставится начальное условие типа: $\omega|_{t=0} = 0$ или $\omega|_{t=0} = \omega_0(x, y)$.

После решения уравнений (12)–(13) и расчета поля скорости ветрового потока начинается решение задачи о переносе загрязняющих веществ на улицах (второй шаг). Для моделирования этого процесса используется уравнение переноса примеси в атмосфере [6, 13, 17]:

$$\frac{\partial C}{\partial t} + \frac{\partial u C}{\partial x} + \frac{\partial v C}{\partial y} + \sigma C = \text{div}(\mu \text{grad} C) + \sum_{i=1}^N Q_i(t) \delta(x - x_i) \delta(y - y_i), \quad (14)$$

где C – концентрация загрязняющего вещества; u, v – компоненты вектора скорости ветра; $\mu = (\mu_x, \mu_y)$ – коэффициент турбулентной диффузии; Q – интенсивность выброса загрязнителя; $\delta(x - x_i) \delta(y - y_i)$ – дельта-функция Дирака; x_i, y_i – координаты источника выброса;

ЭКОЛОГИЯ НА ТРАНСПОРТІ

σ – коэффициент, учитывающий химический распад загрязнителя; t – время.

Постановка краевых условий для данного уравнения рассмотрена в работах [5, 6, 13].

Для формирования вида расчетной области, положения зданий, их формы используется метод маркирования расчетной области [13]. Расчет выполняется на прямоугольной разностной сетке. Используя данный метод, можно формировать любую форму зданий на улицах и выбирать их взаимное расположение.

Метод решения. Для численного интегрирования уравнений гидродинамики используются неявные разностные схемы. Так, для интегрирования уравнения переноса завихренности применяется попеременно-треугольная разностная схема [8, 17]. Разностные уравнения для расчета завихренности на каждом шаге расщепления имеют вид:

– на первом шаге расщепления

$$\frac{\omega_{i,j}^{n+\frac{1}{2}} + \omega_{i,j}^n}{\Delta t} + \frac{u_{i+1,j}^+ \omega_{i,j}^{n+\frac{1}{2}} - u_{i,j}^+ \omega_{i-1,j}^{n+\frac{1}{2}}}{\Delta x} + \frac{v_{i,j+1}^+ \omega_{i,j} - v_{i,j}^+ \omega_{i,j-1}}{\Delta y} = 0,$$

– на втором шаге расщепления

$$\frac{\omega_{i,j}^{n+1} - \omega_{i,j}^{n+\frac{1}{2}}}{\Delta t} + \frac{u_{i+1,j}^- \omega_{i+1,j}^{n+\frac{1}{2}} - u_{i,j}^- \omega_{i,j}^{n+\frac{1}{2}}}{\Delta x} + \frac{v_{i,j+1}^- \omega_{i,j+1}^{n+\frac{1}{2}} - v_{i,j}^- \omega_{i,j}^{n+\frac{1}{2}}}{\Delta y} = 0,$$

где $u^+ = \frac{u + |u|}{2}$, $u^- = \frac{u - |u|}{2}$, $v^+ = \frac{v + |v|}{2}$,
 $v^- = \frac{v - |v|}{2}$.

Значение завихренности на каждом расчетном шаге рассчитывается по формуле бегущего счета.

Значение функции тока рассчитывается с помощью разностной схемы суммарной аппроксимации [5]. В этом случае разностные уравнения записываются так:

– на первом шаге $\frac{\psi_{i,j}^{n+\frac{1}{4}} - \psi_{i,j}^n}{\Delta t} = \frac{\bar{\omega}_{i,j}}{2};$

– на втором шаге

$$\frac{\psi_{i,j}^{n+\frac{1}{2}} - \psi_{i,j}^n}{\Delta t} = -\frac{\psi_{i,j}^{n+\frac{1}{2}} - \psi_{i-1,j}^{n+\frac{1}{2}}}{\Delta x^2} - \frac{\psi_{i,j}^{n+\frac{1}{2}} - \psi_{i,j-1}^{n+\frac{1}{2}}}{\Delta y^2};$$

– на третьем шаге

$$\frac{\psi_{i,j}^{n+\frac{3}{4}} - \psi_{i,j}^{n+\frac{1}{2}}}{\Delta t} = \frac{\psi_{i+1,j}^{n+\frac{3}{4}} - \psi_{i,j}^{n+\frac{3}{4}}}{\Delta x^2} + \frac{\psi_{i,j+1}^{n+\frac{3}{4}} - \psi_{i,j}^{n+\frac{3}{4}}}{\Delta y^2};$$

– на четвертом шаге $\frac{\psi_{i,j}^{n+1} - \psi_{i,j}^{n+\frac{3}{4}}}{\Delta t} = \frac{\bar{\omega}_{i,j}}{2},$

$$\bar{\omega}_{i,j} = \frac{1}{4}(\omega_{i,j} + \omega_{i-1,j+1} + \omega_{i-1,j-1} + \omega_{i,j-1}).$$

Численное интегрирование уравнения переноса примеси проводится с помощью неявной разностной схемы расщепления [6, 13].

Производная по времени аппроксимируется разделенной разностью «назад»:

$$\frac{\partial C}{\partial t} \approx \frac{C_{ij}^{n+1} - C_{ij}^n}{\Delta t}.$$

В конвективных производных слагаемые однонаправленного переноса записываются в виде:

$$\frac{\partial u C}{\partial x} = \frac{\partial u^+ C}{\partial x} + \frac{\partial u^- C}{\partial x}; \quad \frac{\partial v C}{\partial y} = \frac{\partial v^+ C}{\partial y} + \frac{\partial v^- C}{\partial y}.$$

С учетом предыдущего выражения конвективные производные аппроксимируются разделенными разностями «против потока» на верхнем временном слое:

$$\frac{\partial u^+ C}{\partial x} \approx \frac{u_{i+1,j}^+ C_{i,j}^{n+1} - u_{i,j}^+ C_{i-1,j}^{n+1}}{\Delta x} = L_x^+ C^{n+1},$$

$$\frac{\partial u^- C}{\partial x} \approx \frac{u_{i+1,j}^- C_{i+1,j}^{n+1} - u_{i,j}^- C_{i,j}^{n+1}}{\Delta x} = L_x^- C^{n+1},$$

$$\frac{\partial v^+ C}{\partial y} \approx \frac{v_{i,j+1}^+ C_{i,j}^{n+1} - v_{i,j}^+ C_{i,j-1}^{n+1}}{\Delta y} = L_y^+ C^{n+1},$$

$$\frac{\partial v^- C}{\partial y} \approx \frac{v_{i,j+1}^- C_{i,j+1}^{n+1} - v_{i,j}^- C_{i,j}^{n+1}}{\Delta y} = L_y^- C^{n+1}.$$

Компоненты скорости u определяются на вертикальных гранях разностных ячеек, а ком-

ЕКОЛОГІЯ НА ТРАНСПОРТІ

поненты скорости v – на горизонтальных гранях. Индексы этих граней соответствуют индексам ячеек, расположенных правее или выше соответствующей грани.

Вторые производные аппроксимируются следующим образом:

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial x}(\mu_x \frac{\partial C}{\partial x}) &\approx \mu_x \frac{C_{i+1,j}^{n+1} - C_{i,j}^{n+1}}{\Delta x^2} - \\ &- \mu_x \frac{C_{i,j}^{n+1} - C_{i-1,j}^{n+1}}{\Delta x^2} = M_{xx}^- C^{n+1} + M_{xx}^+ C^{n+1}, \\ \frac{\partial}{\partial y}(\mu_y \frac{\partial C}{\partial y}) &\approx \mu_y \frac{C_{i,j+1}^{n+1} - C_{i,j}^{n+1}}{\Delta y^2} - \\ &- \mu_y \frac{C_{i,j}^{n+1} - C_{i,j-1}^{n+1}}{\Delta y^2} = M_{yy}^- C^{n+1} + M_{yy}^+ C^{n+1}. \end{aligned}$$

Здесь $L_x^+, L_x^-, L_y^+, L_y^-, M_{xx}^+, M_{xx}^-, M_{yy}^+, M_{yy}^-$ – условные обозначения разностных операторов. С учетом приведенных выше обозначений разностный аналог уравнения (14) записывается

$$\begin{aligned} \frac{C_{i,j}^{n+1} - C_{i,j}^n}{\Delta t} + L_x^+ C^{n+1} + L_x^- C^{n+1} + L_y^+ C^{n+1} + \\ + L_y^- C^{n+1} + \sigma C_{ij}^{n+1} = (M_{xx}^+ C^{n+1} + L_{xx}^- C^{n+1} + \\ + L_{yy}^+ C^{n+1} + L_{yy}^- C^{n+1}) + q_{ij} \delta_{ij}. \end{aligned}$$

Обозначаем δ_{ij} – число «1» или «0», в зависимости от того, расположен или нет в разностной ячейке « ij » источник загрязнения. Значение q_{ij} равно интенсивности q_k соответствующего k -го источника, размещенного в разностной ячейке « ij », деленной на площадь этой ячейки: $q_{ij} = q_k / (\Delta x \Delta y)$.

Расщепляем разностное уравнение на четыре разностных уравнения так, чтобы на каждом шаге учитывалось лишь одно направление переноса возмущений, определяемое знаком при конвективной производной. В этом случае разностные уравнения имеют вид:

$$\text{– на первом шаге расщепления } k = \frac{1}{4}$$

$$\begin{aligned} \frac{C_{ij}^{n+k} - C_{ij}^n}{\Delta t} + \frac{1}{2}(L_x^+ C^k + L_y^+ C^k) + \frac{\sigma}{4} C_{ij}^k = \\ = \frac{1}{4}(M_{xx}^+ C^k + M_{xx}^- C^n + M_{yy}^+ C^k + M_{yy}^- C^n) + \\ + \sum_{l=1}^N \frac{\bar{q}_l}{4} \delta_l; \end{aligned}$$

$$\text{– на втором шаге расщепления } k = n + \frac{1}{2},$$

$$c = n + \frac{1}{4}$$

$$\begin{aligned} \frac{C_{ij}^k - C_{ij}^c}{\Delta t} + \frac{1}{2}(L_x^- C^k + L_y^- C^k) + \frac{\sigma}{4} C_{ij}^k = \\ = \frac{1}{4}(M_{xx}^- C^k + M_{xx}^+ C^c + M_{yy}^- C^k + M_{yy}^+ C^c) + \\ + \sum_{l=1}^N \frac{\bar{q}_l}{4} \delta_l; \end{aligned}$$

$$\text{– на третьем шаге расщепления } k = n + \frac{3}{4},$$

$$c = n + \frac{1}{2}$$

$$\begin{aligned} \frac{C_{ij}^k - C_{ij}^c}{\Delta t} + \frac{1}{2}(L_x^+ C^k + L_y^+ C^k) + \frac{\sigma}{4} C_{ij}^k = \\ = \frac{1}{4}(M_{xx}^- C^c + M_{xx}^+ C^k + M_{yy}^- C^k + M_{yy}^+ C^c) + \\ + \sum_{l=1}^N \frac{\bar{q}_l}{4} \delta_l; \end{aligned}$$

$$\text{– на четвертом шаге расщепления } k = n + 1,$$

$$c = n + \frac{3}{4}$$

$$\begin{aligned} \frac{C_{ij}^k - C_{ij}^c}{\Delta t} + \frac{1}{2}(L_x^- C^k + L_y^- C^k) + \frac{\sigma}{4} C_{ij}^k = \\ = \frac{1}{4}(M_{xx}^- C^k + M_{xx}^+ C^c + M_{yy}^- C^c + M_{yy}^+ C^k) + \\ + \sum_{l=1}^N \frac{\bar{q}_l}{4} \delta_l. \end{aligned}$$

ЕКОЛОГІЯ НА ТРАНСПОРТІ

В данных разностных уравнениях используется значение $\bar{q}_l = \frac{q_l}{\Delta x \Delta y}$. Значение функции δ_l

тождественно равно нулю во всех ячейках, кроме тех, где расположен источник выброса.

Поскольку на каждом шаге расщепления шаблон разностных уравнений имеет треугольную форму, то на верхнем временном слое неизвестное значение функции C находится по методу «бегущего счета».

Результаты

Практическая реализация модели «уличный каньон». Разработанная численная модель была применена для расчета концентрации NO_2 на улице при выбросе окиси азота NO_x от автотранспорта (рис. 2).

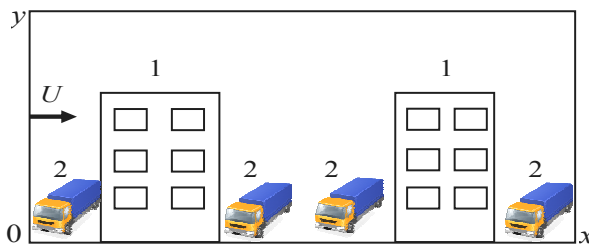


Рис. 2. Схема расчетной области:
1 – здания; 2 – места эмиссии загрязнителей

Расчет выполнялся при следующих данных: высота первого – 12 м, длина – 20 м; высота второго – 12 м, длина – 15 м; скорость ветра – 4 м/с; коэффициенты атмосферной диффузии $\mu_x = \mu_y = 2 \text{ м}^2/\text{с}$; размеры расчетной области: длина – 125 м, высота – 42 м; располагалось четыре источника выброса NO_x интенсивностью $Q = 5 \text{ г}/(\text{м} \cdot \text{с})$ каждый.

В качестве начального условия задавалось, что фоновая концентрация NO и NO_2 в расчетной области равна нулю, а концентрация O_3 принята равной $0,16 \text{ мг}/\text{м}^3$. Результаты расчета представлены на рис. 3; 4.

Как видно из рис. 4 на улице формируется сложная зона загрязнения, вызванная взаимодействием четырех источников выброса NO_x и зданий. Эта зона загрязнения охватывает оба здания, т.е. создается риск поступления опасного загрязнителя внутрь жилых помещений каждого здания.

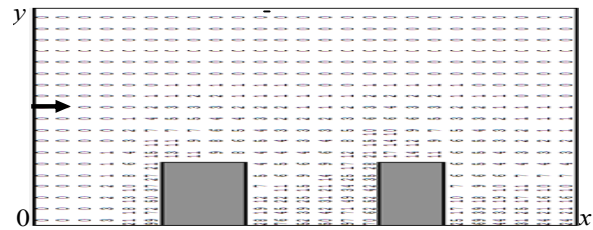


Рис. 3. Распределение концентрации NO_2 на улице в момент времени $t = 10 \text{ с}$

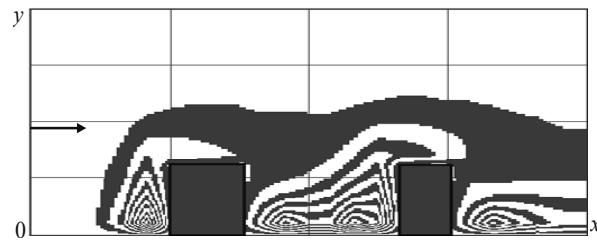


Рис. 4. Распределение концентрации NO_2 на улице в момент времени $t = 12,5 \text{ с}$

Практическая реализация модели «микрорайон». Разработанная численная модель была применена для решения следующей задачи: рассматривается микрорайон города, через который проходит три автомагистрали (рис. 5). Расчет выполнялся при следующих расчетных данных: интенсивность выброса на автомагистрали 1–1 диоксида азота составляет $Q = 0,008 \text{ г}/(\text{м} \cdot \text{с})$; на магистрали 2–2 и 3–3 интенсивность диоксида азота составляет $Q = 0,003 \text{ г}/(\text{м} \cdot \text{с})$; скорость ветра – 5,5 м/с; коэффициенты атмосферной диффузии $\mu_x = \mu_y = 2 \text{ м}^2/\text{с}$; размеры расчетной области: длина – 250 м, высота – 210 м.

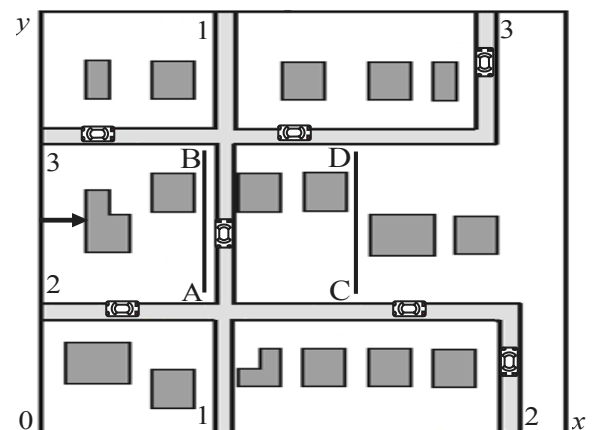


Рис. 5. Схема расчетной области:
1–1, 2–2, 3–3 – дороги (места эмиссии загрязнителя)

ЕКОЛОГІЯ НА ТРАНСПОРТІ

Результаты расчета концентрации диоксида азота в микрорайоне показаны на рис. 6, 7, где значение концентрации представлено в безразмерном виде: каждое число – это величина концентрации в процентах от величины максимальной концентрации на данный момент времени.

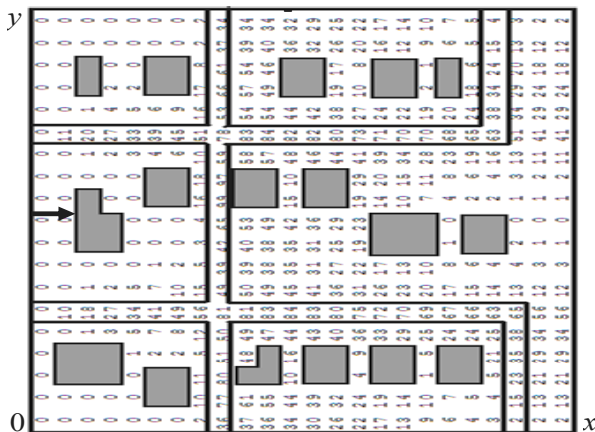


Рис. 6. Зона загрязнения атмосферы для момента времени $t = 10$ с, $C_{\max} = 0,309 \cdot 10^{-3}$

Вывод на печать чисел осуществлен по формату «целое число», т.е. дробная часть числа не выдается на печать. Это значит, что если, например, в какой-то точке расчетное значение концентрации составляет 9,4 % от максимальной концентрации, то на печать будет выведено число «9». Этот вывод результатов на печать эффективен при проведении серийных расчетов, когда осуществляется «перебор» различных вариантов в целях выбора наиболее оптимального для конкретной ситуации.

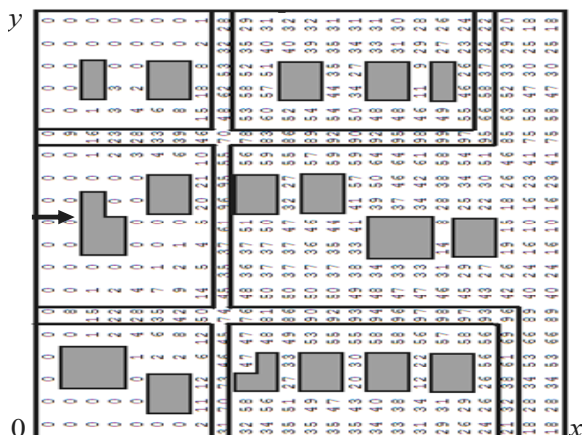


Рис. 7. Зона загрязнения атмосферы для момента времени $t = 20$ с, $C_{\max} = 0,373 \cdot 10^{-3}$

Указанное представление результатов расчета в виде «целых» чисел позволяет оперативно анализировать информацию относительно величины концентрации в любой части расчетной области. Однако по требованию пользователя разработанный код осуществляет вывод на печать результатов по формату «действительное число», т.е. с сохранением дробной части числа.

Эти данные позволяют оценить вид формирующейся зоны загрязнения, ее размеры и интенсивность. Хорошо видно, как с течением времени формируется сложная зона загрязнения, обусловленная влиянием зданий, находящихся в этом районе.

Проведя численные расчеты, можно выполнить анализ уровня загрязнения воздушной среды на улицах в любом интересующем месте. Например, на рис. 8 показана динамика изменения концентрации диоксида азота для установившегося процесса ($t = 150$ с) вдоль улиц, которые на рис. 4 условно показаны линиями AB и CD . Как видно, с помощью разработанной модели можно детально определить зоны, где происходит превышение ПДК по данному загрязнителю, и зоны, безопасные для населения.

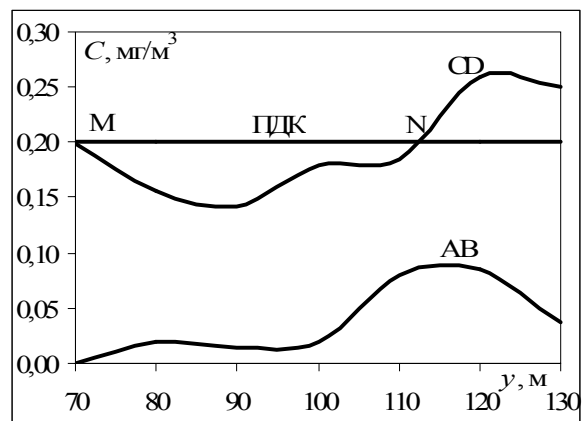


Рис. 8. Изменение концентрации NO_2 вдоль выделенных участков улиц AB и CD в сравнении с ПДК ($t = 150$ с, $C_{\max} = 0,47 \text{ мг/м}^3$, $U = 5,5 \text{ м/с}$, $\mu_x = \mu_y = 2 \text{ м}^2/\text{с}$)

Как следует из рис. 8, вдоль улицы AB значение концентрации NO_2 не превышает своего значения по санитарной норме, так как эта улица находится перед автомагистралью 1–1 и воспринимает загрязнение, идущее от автомагистралей 2–2 и 3–3. На участке MN улицы CD кон-

ЕКОЛОГІЯ НА ТРАНСПОРТІ

центрація NO_2 нижче ПДК, а на остальному участку вулиці має місце перевищення ПДК приблизно на 35 %, так як ця вулиця сприймає забруднення від автомагістралі 1–1 за напрямком вітру, де інтенсивність викисту NO_2 більше, ніж на інших автомагістралях. Між вулицею CD та автомагістраллю 1–1 знаходяться два будинки, які перешкоджають розсіюванню забруднювача, тому саме на ділянці вулиці CD , який знаходиться за цими будинками, концентрація NO_2 більше, ніж на всій решті її довжини, де немає будинків.

Научная новизна и практическая значимость

Створено чисельну модель, що дозволяє врахувати вплив будинків на розсіювання забруднюючих речовин і в той же час вимагає невеликих витрат комп'ютерного часу при практичній реалізації. Перевагою розробленої моделі є можливість оперативного розрахунку розсіювання викистів на вулиці з урахуванням хімічних перетворень забруднюючих речовин.

Выводы

В даній роботі розглянуті дві чисельні моделі для прогнозування якості повітряної середовища на вулицях міст. Для розв'язання задачі гідродинаміки, пов'язаної з обтіканням будинків, використовується модель ідеальної рідини. Процес переносу забруднюючих речовин на вулицях моделюється за допомогою нестационарного рівняння конвективно-дифузійного переносу приміси. Для чисельного інтегрування рівнянь моделі використовуються неявні різностні схеми. Особливістю розроблених моделей є оперативність у отриманні прогнозних даних. Розроблені моделі можуть бути використані при проведенні серійних розрахунків, коли необхідно розглянути різні варіанти планування мікрорайонів і розташування в них автомагістралей. Даліше дослідження по даній темі слід проводити в напрямку створення тривимірних моделей прогнозу якості повітряної середовища на вулицях.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Белоцерковский, С. М. Моделирование отрывного обтекания цилиндра вблизи экрана / С. М. Белоцерковский, В. Н. Котовский, М. И. Ништ // Инженерно-физ. журн. – 1986. – № 2. – С. 78–84.
2. Белоцерковский, С. М. Математическое моделирование плоскопараллельного отрывного обтекания тел / С. М. Белоцерковский, В. Н. Котовский, М. И. Ништ. – М. : Наука, 1988. – 232 с.
3. Беляев, Н. Н. Численное моделирование загрязнения воздушной среды на промплощадках / Н. Н. Беляев, Е. Ю. Гулько, П. Б. Машихина // Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Д., 2007. – Вип. 16. – С. 18–20.
4. Бруцкий, Е. В. Теория атмосферной диффузии радиоактивных выбросов / Е. В. Бруцкий. – К. : Ин-т гидромеханики НАН Украины, 2000. – 443 с.
5. Марчук, Г. И. Математическое моделирование в проблеме окружающей среды / Г. И. Марчук. – М. : Наука, 1982. – 320 с.
6. Моделирование аварийных ситуаций на промышленных объектах и безопасность жизнедеятельности / Л. И. Антошкина, Н. Н. Беляев, Л. Ф. Долина, Е. Д. Коренько. – Д. : Нова ідеологія, 2011. – 123 с.
7. Машихина, П. Б. Моделирование распространения примеси в атмосфере с учетом рельефа местности / П. Б. Машихина // Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Д., 2009. – Вип. 27. – С. 138–142.
8. Пшинько, А. Н. Моделирование загрязнения атмосферы при техногенных авариях / А. Н. Пшинько, Н. Н. Беляев, П. Б. Машихина. – Д. : Нова ідеологія, 2011. – 168 с.
9. Русакова, Т. И. Численное исследование структуры вихревого потока около высотных сооружений / Т. И. Русакова, В. И. Карплюк // Вісн. Дніпропетр. ун-ту. Серія «Механіка». – Д., 2006. – Вип. 10, т. 1. – С. 154–160.
10. Русакова, Т. И. Задача численного расчета обтекания зданий воздушным потоком / Т. И. Русакова, В. И. Карплюк // Вісн. Дніпропетр. ун-ту. Серія «Механіка». – Д., 2007. – Вип. 11, т. 1. – С. 53–58.
11. Русакова, Т. И. Исследование поля скоростей при обтекании зданий воздушным потоком / Т. И. Русакова, В. И. Карплюк // Вісн. Дніпропетр. ун-ту. Серія «Механіка». – Д., 2008. – Вип. 12, т. 1. – С. 41–49.

ЕКОЛОГІЯ НА ТРАНСПОРТІ

12. Самарский, А. А. Теория разностных схем / А. А. Самарский. – М. : Наука, 1983. – 616 с.
13. Численное моделирование распространения загрязнения в окружающей среде / М. З. Згуровский, В. В. Скопецкий, В. К. Хрущ, Н. Н. Беляев. – К. : Наук. думка, 1997. – 368 с.
14. Шаталов, А. А. Методика расчета распространения аварийных выбросов, основанная на модели рассеивания тяжелого газа / А. А. Шаталов, М. В. Лисанов // Безопасность труда в пром-сти. – 2004. – № 9. – С. 46–52.
15. Berkowicz, R. A Simple Model for Urban Background Pollution / R. Berkowicz // Environmental Monitoring and Assessment. – 2000. – Vol. 65. – P. 259–267.
16. Berkowicz, R. OSPM – a Parameterised Street Pollution Model / R. Berkowicz // Environmental Monitoring and Assessment. – 2000. – Vol. 65. – P. 323–331.
17. Biliaiev, M. M. Numerical simulation of indoor air pollution and atmosphere pollution for regions having complex topography / M. M. Biliaiev, M. M. Kharytonov // NATO Science for Peace and Security Series C : Environmental Security. – 2012. – Vol. 4. – P. 87–91.
18. Denby, Br. Modelling of Nitrogen Dioxide (NO₂) for air quality assessment and planning relevant to the European Air Quality Directive [Electronic resource] / B. R. Denby. – 2011. – P. 89. – Access Mode: http://acm.eionet.europa.eu/reports/docs/ETCACM_TP_2011_15_FAIRMODE_guide_modelling_NO2.pdf. – Title from the screen.
19. Hanna, S. Air Quality Modeling Over Short Distances / S. Hanna // College on Atmospheric Boundary Layer and Air Pollution Modeling. – 1994. – № SMR/760-2. – P. 712–743.
20. Härkönen, J. Regulatory dispersion modeling of traffic originated pollution : academic diss. in physics / J. Härkönen ; University of Helsinki. – Helsinki, 2006. – 104 p.
21. Hertel, O. Modelling NO₂ concentrations in a street canyon / O. Hertel, R. Berkowicz // DMU Luft. – 1989. – № A-131. – P. 31.
22. Kessler, Ch. Estimation of NO₂/NO_x relations of traffic emissions in Baden-Wurttemberg from 1995 to 2005 / Ch. Kessler, A. Niederau, W. Scholz // 2 Conf. Environment Transport, incl. 15th Conf. Transport and Pollution. – Reims, 2006. – P.101–105.
23. Murakami, S. Comparison of “k-ε” model, ASM and LES with wind tunnel test for flow field around cubic model / S. Murakami, A. Mochida, H. Yoshihiko // 8th Intern. Conf. on Wind Engineering. – Western Ontario, 1991. – № 12. – P. 3.
24. Sathe Yogesh, V. Air Quality Modeling in Street canyons of Kolhapur City, Maharashtra, India / V. Sathe Yogesh // Universal J. of Environmental research and Technology. – 2012. – Vol. 2, iss. 2. – P. 97–105.

Т. І. РУСАКОВА^{1*}

^{1*}Каф. «Аерогідромеханіка та енергомасоперенос», Дніпропетровський національний університет імені О. Гончара, вул. Казакова, 18, корп. № 14, Дніпропетровськ, Україна, 49010, тел. +38 (056) 776 82 05, ел. пошта rusackovat@yandex.ru

ПРОГНОЗУВАННЯ ЗАБРУДНЕННЯ ПОВІТРЯНОГО СЕРЕДОВИЩА ВІД АВТОТРАНСПОРТУ НА ВУЛИЦЯХ ТА В МІКРОРАЙОНАХ МІСТА

Мета. Розробка прикладної чисельної моделі для прогнозу рівня забруднення атмосфери на вулицях та в мікрорайонах міста з урахуванням хімічних перетворень забруднюючих речовин. **Методика.** Для розв'язання гідродинамічної задачі з визначення поля швидкості повітряного потоку на вулиці міста використовувався метод дискретних вихорів, у мікрорайоні міста – метод відривних вихрових течій ідеальної нестисливої рідини, для розв'язання рівняння переносу домішок – попеременно-трикутна неявна різницева схема. **Результати.** У роботі побудована ефективна чисельна модель типу «вуличний каньйон» для прогнозу якості повітряного середовища на вулицях міста та в мікрорайонах міста при викидах від автотранспорту з урахуванням хімічних перетворень забруднюючих речовин. **Наукова новизна.** Створена чисельна модель, що дозволяє врахувати вплив будівель на розсіювання забруднюючих речовин і, у той же час, потребує невеликих затрат комп'ютерного часу при практичній реалізації. Перевагою розробленої моделі є можливість оперативного розрахунку розсіювання викидів на вулиці чи в мікрорайоні з урахуванням хімічних перетворень забруднюючих речовин. **Практична значимість.** Розроблена чисельна модель може бути використана на практиці при плануванні автомагістралей в нових районах міста або при реконструкції старих для проведення серійних розрахунків, які потребують перегляду різних варіантів розміщення будівель, автомагістралей при конкретних метеоумовах.

© Т. І. Русакова, 2013

ЕКОЛОГІЯ НА ТРАНСПОРТІ

Ключові слова: забруднюючі речовини; автотранспорт; метод дискретних вихорів; розсіювання викидів; різницева схема; хімічні перетворення

T. I. RUSAKOVA^{1*}

^{1*}Dep. «Aerohydrodynamics and Masstransfer», Oles Honchar Dnipropetrovsk National University, Kazakova St., 18, Dnipropetrovsk, Ukraine, 49010, tel. +38 (056) 776 82 05, e-mail rusakovat@yandex.ru

PREDICTION OF AIR POLLUTION FROM MOTOR TRANSPORT ON CITY STREETS AND DISTRICTS

Purpose. Development of applied numerical model for prediction of atmospheric pollution rate on streets and districts of a city taking into account chemical transformations of pollutants. **Methodology.** To solve hydrodynamic task of determining velocity field of wind flow in street the method of discrete vortices was used, in the city district – the method of separation flows vortex of ideal incompressible fluid, for solution equation of pollutant transfer – alternating triangular implicit difference scheme. **Findings.** An efficient numerical model using the type of «street canyons» for prediction of air quality on city streets and districts with emissions from motor transport considering chemical transformations of pollutants was designed in the work. **Originality.** The numerical model, which allows taking into account impact of buildings on pollutants dispersion and requiring a small consumption of computer time during practical realization was created. The advantage of the model is the possibility of rapid calculation of emissions dispersion in the street with considering the chemical reactions of pollutants. **Practical value.** The developed numerical model can be used in practice during the planning of new highways in new urban areas or in the renovation of old ones, for a series of calculations that require search of different variants for arrangement of buildings, highways, under certain weather conditions.

Keywords: pollutants; motor transport; method of discrete vortices; dispersion of emissions; the difference scheme; chemical transformations

REFERENCES

1. Belotserkovskiy S.M., Kotovskiy V.N., Nisht M.I. Modelirovaniye otryvnogo obtekaniya tsilindra vblizi ek-rana [Modelling peel strength flow past a cylinder close to the screen]. *Inzhenerno-fizicheskiy zhurnal – Journal of Engineering Physics*, 1986, no. 2. pp. 78-84.
2. Belotserkovskiy S.M., Kotovskiy V.N., Nisht M.I. *Matematicheskoye modelirovaniye ploskoparallelnogo otryvnogo obtekaniya tel* [Mathematical modelling of plane separated flow around bodies]. Moscow, Nauka Publ., 1988. 232 p.
3. Belyayev N.N., Gunko Ye.Yu., Mashikhina P.B. Chislennoye modelirovaniye zagryazneniya vozduшной sredy na promyshlennyykh mestakh [Numerical modelling of pollution of the air environment at industrial sites]. *Visnyk Dnipropetrovskoho natsionalnoho universytetu zaliznychnoho transportu imeni akademika V. Lazariana* [Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan], 2007, issue16, pp. 138-142.
4. Bruyatskiy Ye.V. *Teoriya atmosferynoy diffuzii radioaktivnykh vybrosov* [Theory of atmospheric diffusion of radioactive emissions]. Kyiv, In-t gidromekhaniki NAN Ukrainy Publ., 2000. 443 p.
5. Marchuk G.I. *Matematicheskoye modelirovaniye v probleme okruzhayushchey sredy* [Mathematical modelling in the environmental problem]. Moscow, Nauka Publ., 1982. 320 p.
6. Antoshkina L.I., Belyayev N.N., Dolina L.F., Korenyuk Ye.D. *Modelirovaniye avariynykh situatsiy na promyshlennykh ob'yektakh i bezopasnost zhiznedeyatel'nosti* [Modelling emergencies at industrial facilities and the safety of life]. Dnipropetrovsk, Nova ideologiya Publ., 2011. 123 p.
7. Mashikhina P.B. Modelirovaniye rasprostraneniya primesi v atmosfere s uchetom relyefa mestnosti [Modelling of distribution of impurity in the atmosphere taking into account a land relief]. *Visnyk Dnipropetrovskoho natsionalnoho universytetu zaliznychnoho transportu imeni akademika V. Lazariana* [Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan], 2009, issue 27, pp. 138-142.
8. Pshinko A.N., Belyayev N.N., Mashikhina P.B. *Modelirovaniye zagryazneniya atmosfery pri tekhnogennykh avariyyakh* [Modelling of air pollution in man-caused accidents]. Dnipropetrovsk, Nova ideologiya Publ., 2011. 168 p.

ЕКОЛОГІЯ НА ТРАНСПОРТІ

9. Rusakova T.I., Karplyuk V.I. Chislennoye issledovaniye struktury vikhrovogo potoka okolo vysotnykh sooruzheniy [Numerical study of the structure of the vortex flow around high buildings]. *Visnyk Dnipropetrovskoho universytetu. Seriya. «Mekhanika»* [Bulletin of Dnipropetrovsk University. Series «Mechanics»], 2006, issue 10, vol. 1, pp. 154-160.
10. Rusakova T.I., Karplyuk V.I. Zadacha chislennoho rascheta obtekaniya zdaniy vozdushnym potokom [Problem of numerical calculation of the percolation buildings airflow]. *Visnyk Dnipropetrovskoho universytetu. Seriya. «Mekhanika»* [Bulletin of Dnipropetrovsk University. Series «Mechanics»], 2007, issue 11, vol. 1, pp. 53-58.
11. Rusakova T.I., Karplyuk V.I. Issledovaniye polya skorostey pri obtekanii zdaniy vozdushnym potokom [Study of the velocity field in the flow around buildings airflow]. *Visnyk Dnipropetrovskoho universytetu. Seriya. «Mekhanika»* [Bulletin of Dnipropetrovsk University. Series «Mechanics»], 2008, issue 12, vol. 1, pp. 41-49.
12. Samarskiy A.A. *Teoriya raznostnykh skhem* [The theory of difference schemes]. Moscow, Nauka Publ., 1983. 616 p.
13. Zgurovskiy M.Z., Skopetskiy V.V., Khrushch V.K., Belyayev N.N. *Chislennoye modelirovaniye rasprostraneniya zagryazneniya v okruzhayushchey srede* [Numerical modelling of pollution in the environment]. Kyiv, Naukova dumka Publ., 1997. 368 p.
14. Shatalov A.A., Lisanov M.V. Metodika rascheta rasprostraneniya avariynykh vybrosov, osnovannaya na modeli rasseivaniya tyazhelogo gaza [Method of spread calculation of accidental releases, based on the model of heavy gas dispersion]. *Bezopasnost truda v promyshlennosti – Security of labor in the industry*, 2004, no. 9, pp. 46-52.
15. Berkowicz R.A. Simple Model for Urban Background Pollutio. *Environmental Monitoring and Assessment*, 2000, vol. 65, pp. 259-267.
16. Berkowicz R. OSPM – a Parameterised Street Pollution Model. *Environmental Monitoring and Assessment*, 2000, vol. 65, pp. 323-331.
17. Biliaiev M.M., Kharytonov M.M. Numerical simulation of indoor air pollution and atmosphere pollution for regions having complex topography. *NATO Science for Peace and Security Series C: Environmental Security*, 2012, vol. 4, pp. 87-91.
18. Denby, Br. Modelling of Nitrogen Dioxide (NO₂) for air quality assessment and planning relevant to the European Air Quality Directive, 2011, p. 89. Available at: http://acm.eionet.europa.eu/reports/docs/ETCACM_TP_2011_15_FAIRMODE_guide_modelling_NO2.pdf. (Accessed 27 November 2013).
19. Hanna S. Air Quality Modeling Over Short Distances. *College on Atmospheric Boundary Layer and Air Pollution Modeling*, 1994, no. SMR/760-2, pp. 712-743.
20. Härkönen J. Regulatory dispersion modeling of traffic originated pollution. Academic Diss. Helsinki, 2006. 104 p.
21. Hertel O., Berkowicz R. Modelling NO₂ concentrations in a street canyon. *DMU Luft*, 1989, no. A-131, 31 p.
22. Kessler Ch., Niederau A., Scholz W. Estimation of NO₂/NO_x relations of traffic emissions in Baden-Württemberg from 1995 to 2005. 2 Conf. Environment Transport, incl. 15th conf. Transport and Pollution. Reims, 2006, pp.101-105.
23. Murakami S., Mochida A., Yoshihiko H. Comparison of “k-ε” model, ASM and LES with wind tunnel test for flow field around cubic model. 8th Int. Conf. on Wind Engineering, Western Ontario, 1991, no. 12, 3 p.
24. Sathe Yogesh V. Air Quality Modeling in Street canyons of Kolhapur City, Maharashtra, India. *Universal Journal of Environmental research and Technology*, vol. 2, issue 2, pp. 97-105.

Статья рекомендована к публикации д.физ.-мат.н., проф. О. Г. Гоманом (Украина); д.т.н., проф. Н. Н. Беляевым (Украина)

Поступила в редколлегию 21.10.2013

Принята к печати 11.11.2013

ЕКОНОМІКА ТА УПРАВЛІННЯ

УДК 656.2.027:338.47

А. В. МОМОТ^{1*}

^{1*}Каф. «Облік, аудит та інтелектуальна власність», Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, Дніпропетровськ, Україна, 49010, тел. +38 (0562) 33 58 13, ел. пошта ubarash@mail.ru

МЕТОДИЧНІ ПІДХОДИ ДО ВИЗНАЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ КУРСУВАННЯ ШВИДКІСНИХ ТА ВИСОКОШВИДКІСНИХ ПОЇЗДІВ

Мета. Розробити методичний підхід і сформулювати заходи щодо визначення економічної доцільності впровадження швидкісного та високошвидкісного руху в Україні. **Методика.** Економічне обґрунтування доцільності організації швидкісного та високошвидкісного руху в Україні є інвестиційним проектом, який передбачає поетапне вкладення коштів у будівництво, що дозволить у подальшому отримувати щорічно прибутки від перевезення пасажирів. Для вирішення задач такого типу використовують чистий дисконтний дохід, який може отримати Укрзалізниця або новоутворені компанії під час реалізації проекту та після його закінчення. **Результати.** На основі проведеного аналізу можна констатувати, що в роботі розроблено методичний підхід до комплексного визначення ефективності будівництва та експлуатації швидкісних і високошвидкісних поїздів з урахуванням вартості інфраструктури, рухомого складу, впливу факторів зовнішнього середовища та ін. **Наукова новизна.** Запропоновано науковий підхід щодо визначення економічної ефективності будівництва та експлуатації високошвидкісних магістралей, який, на відміну від існуючого, включає удосконалені принципи визначення кількості перевезених пасажирів, вартості будівництва ВШМ, кількості одиниць рухомого складу, оптимізує розрахунки доходів та витрат у контексті конкурентних переваг та впливу зовнішніх факторів на діяльність компанії. Удосконалено методичний підхід щодо розрахунку перспективних обсягів перевезень по високошвидкісній магістралі, який суттєво відрізняється від європейського, запропонованого французькою компанією «SYSTRA». Даний підхід дозволяє додатково враховувати транзитний потік пасажирів через Україну, розподілити пасажирів по окремих дільницях пропорційно кількості населення міст, що входять у високошвидкісну магістраль, з урахуванням середньої рухливості населення, терміну поїздки та коефіцієнта, котрий враховує додатково частоту поїздки пасажирів на заданій дільниці залежно від призначення (відраджень, пересадка на літак, відпочинок та ін.). **Практична значимість.** Врахування вищенаведених ознак підвищує обґрунтованість управлінських рішень щодо забезпечення ефективності функціонування високошвидкісних перевезень.

Ключові слова: швидкісний та високошвидкісний рух; високошвидкісні магістралі; топологія магістралей; капітальні вкладення; перевезення; інфраструктура; доходи від перевезень; витрати; прибуток

Вступ

В Україні з квітня 2012 року впроваджено швидкісний рух. Аналіз курсування швидкісних поїздів показав, що не на всіх напрямках пасажирського руху поїзди Інтерсіті користуються значним попитом, оскільки до цього часу не визначено зони їх ефективного курсування

та фактори, що впливають на їх попит. Крім того, в Україні без необхідного економічного обґрунтування почали піднімати тарифи на швидкісні перевезення, величина яких перевищує вартість авіаційних перевезень бюджетними компаніями. Такі заходи заважають впровадженню швидкісного та високошвидкісного руху. Для унеможливлення подальших помилок

ЕКОНОМІКА ТА УПРАВЛІННЯ

у цьому напрямку необхідно розробити науково-методичний підхід щодо визначення ефективності їх організації та експлуатації.

Проблему високошвидкісного руху в Україні в різні часи досліджували українські вчені та фахівці: В. Л. Дикань [5], Г. М. Кірпа [4], А. А. Босов [4], І. П. Корженевич [11], Ю. С. Бараш [12, 2–4], О. М. Гненний [11], О. Г. Кірдіна [7], А. П. Зубко [8, 14], Т. Ю. Чаркіна [16–18] та спеціалісти французької фірми «SYSTRA».

Виходячи із завдань створення високошвидкісної мережі залізниць, географічного положення України, адміністративного розподілу регіонів, розташування міст і економічної ситуації, французькою фірмою «SYSTRA» була запропонована мережа високошвидкісних магістралей загальною довжиною більше 3 тис. км [14]. Цей проект був підтриманий Укрзалізницею [15].

Мета

Розробити методичний підхід і сформулювати заходи щодо визначення економічної доцільності впровадження швидкісного та високошвидкісного руху в Україні.

Методика

Економічне обґрунтування доцільності організації швидкісного та високошвидкісного руху в Україні є інвестиційним проектом, який передбачає поетапне вкладання коштів у будівництво, що дозволить надалі отримувати щорічно прибутки від перевезення пасажирів. Для вирішення задач такого типу використовують чистий дисконтний дохід, який може отримати Укрзалізниця або новоутворені компанії під час реалізації проекту та після його закінчення. Цей показник визначають за формулою (1) [3]. Варіант реалізації, що має найбільший чистий дисконтний дохід, буде найкращим.

$$\text{ЧДД} = \sum_{t=0}^T \frac{(D_t - Z_t)(1 - \frac{\gamma}{100}) + A_t \frac{\gamma}{100} - K_t}{(1 + E_m)^t} \rightarrow \max, \quad (1)$$

де: ЧДД – чистий дисконтний дохід, грн; D_t – річний дохід, що може отримати Укрзалізниця й новоутворені структури від усіх видів діяльності за різними варіантами реформування, грн;

Z_t – річні сумарні витрати швидкісної компанії від усіх видів діяльності за різними варіантами реформування без амортизаційних відрахувань, грн; γ – величина податку на прибуток, %; A_t – амортизаційні відрахування; K_t – річні інвестиції в будівництво або реконструкцію швидкісних та високошвидкісних магістралей за різними варіантами, грн; t – номер розрахункового року: $t = 0, 1, 2, 3, \dots, T$ (T – строк впровадження структурної реформи).

Ставка дисконту, що використовується у формулі (1), повинна відповідати концепції прогнозування грошових потоків (у базових або прогнозних цінах). У роботі виконано прогнозування в базових цінах. Отже, ставка дисконту повинна відповідати реальній нормі доходу на капітал (тобто нормі доходу, що очищена від інфляційної складової). Така ставка дисконту отримала у вітчизняній літературі назву «модифікована ставка дисконту». Реальна або модифікована ставка дисконту пов'язана з номінальною нормою доходу за формулою

$$E_m = \frac{1 + E/100}{1 + p/100} - 1,$$

де E – номінальна норма доходу, %; p – прогнозований темп інфляції, %.

Особливості розрахунку доходів, витрат, капітальних вкладень на швидкісний рух

Доходи. Прогнозований річний дохід, який може отримати швидкісна компанія Укрзалізниці, розраховується на кожний рік функціонування швидкісних поїздів, оскільки їх кількість буде поступово нарощуватися. Для визначення цього доходу в конкретному році запропонована формула (2):

$$D^i = \sum_{i=1}^K n_{\text{пас}}^i l^i \text{ДС}_{\text{пас}}, \quad (2)$$

де D^i – прогнозований річний дохід від перевезення пасажирів на i -му напрямку; $n_{\text{пас}}^i$ – прогнозована річна кількість перевезених пасажирів на i -му напрямку; l^i – розрахункова дальність поїздки пасажирів на i -му напрямку; $\text{ДС}_{\text{пас}}$ – прогнозована доходна ставка перевезення пасажирів у конкретному році.

ЕКОНОМІКА ТА УПРАВЛІННЯ

Аналіз кількості перевезених пасажирів в Україні показав, що вона лише частково залежить від кількості поїздів, які курсували на кожному напрямку протягом року, та попиту на них населення. На напрямках Київ–Харків–Київ та Київ–Донецьк–Київ протягом 2012 року курсувала майже однакова кількість поїздів, але на Харківському напрямку перевезено пасажирів на 86 % більше ніж на Донецькому. Це пояснюється тим, що відстань між Києвом та Донецьком на 281 км більша, ніж між Києвом та Харковом. З цього можна зробити такий висновок: попит на пасажирські швидкісні денні перевезення напряму залежить від терміну поїздки й тому на Донецькому напрямку він майже у два рази нижче, ніж на Харківському. До речі [17], кількість поїздів на напрямку Київ–Донецьк за 5 місяців 2013 р. збільшилася в 1,5 разу, проте населеність залишилася в межах 35,5 %, що вказує на недосконалу організацію руху швидкісних поїздів.

З огляду на сказане можна зробити висновок, що доходи від курсування денних швидкісних поїздів залежать від кількості поїздів на конкретному напрямку руху, загальної кількості місць у поїзді, часу перебування пасажирів у дорозі, попиту на перевезення пасажирів у денних швидкісних поїздах, кількості мешканців на кінцевих пунктах та на проміжних станціях маршруту й величини доходної ставки, яка у свою чергу залежить від купівельної спроможності населення України.

Витрати. Величину прогнозованих витрат на функціонування швидкісного руху слід розраховувати для кожного року на основі звітних даних швидкісної компанії та коефіцієнта, який враховує їх зростання.

Зараз в Україні організовано окрему компанію зі швидкісних перевезення пасажирів, яка функціонує з травня 2012 року, але статистичний облік її витрат ведеться лише з другого кварталу. Слід сказати, що розрахунок витрат на швидкісні пасажирські перевезення необхідно ще удосконалювати, оскільки частину витрат швидкісної компанії несуть залізниці. Остаточного, крім того, не визначено, як необхідно розподіляти витрати на утримання інфраструктури залізниць між різними видами поїздів. Не визначено також вплив на знос залізничної колії та контактну мережу від курсування швидкісних пасажирських поїздів, який має квадратичну залежність від швидкості руху.

Аналіз діяльності пасажирського швидкісного руху в Україні показав [6], що ці перевезення протягом 2012 року були збитковими на 57 695 тис. грн. Це можна пояснити малою кількістю швидкісних поїздів, незначною економією терміну поїздки та малою кількістю зупинок на деяких маршрутах. Наприклад, населеність пасажирського поїзда «Інтерсіті+» на напрямку Київ–Львів становить всього 35 %. Це дуже низька населеність. А пояснюється вона тим, що в обласних містах Хмельницький та Тернопіль поїзд не має зупинки. Поїзд Київ–Донецьк–Київ також має низьку населеність (всього 36 %), а поїзд Київ–Дніпропетровськ–Київ 54 %. Лише поїзд Київ–Харків–Київ має населеність 71 %, що пояснюється суттєвим скороченням терміну поїздки порівняно зі «Столичним експресом». У 2013 році ситуація трохи змінилася. На напрямку Київ–Львів за перші п'ять місяців населеність зросла до 51 %, а на інших напрямках змінилася всього на 1 %.

Низький попит на швидкісні перевезення пояснюється:

- недосконалістю конструкції корейських поїздів «Hyundai Rotem», які мають багато недоробок, що призвело до численних зупинок їх у дорозі та небажання пасажирів подорожувати цими поїздами;

- денні поїзди не вирішують проблему поїздок у відрядження, оскільки прибувають у Київ та обласні міста після 12-ї години, що унеможливає вирішення необхідних питань, які стосуються роботи. Тому всі пасажирів, що їдуть у відрядження, повинні залишатися в цих містах ще на одну добу та одночасно вирішувати проблему пошуку готелю;

- низькою швидкістю руху, яка на окремих напрямках руху не перевищує 135 км /год (на маршруті Київ–Дніпропетровськ–Київ) та значним терміном поїздки (на маршруті Київ–Донецьк–Київ);

- конкуренцію денним швидкісним поїздам складають нічні фірмові поїзди, у яких вартість поїздки та втома нижче.

Оскільки для швидкісних перевезень в Україні станом на 01.07.2013 року остаточно не вирішено порядок визначення витрат, нижче запропоновано принципи їх розрахунку відповідно до чинної Номенклатури витрат [10] з коригуванням деяких складових та впровадженням додаткових статей за такою схемою:

ЕКОНОМІКА ТА УПРАВЛІННЯ

- пасажирські перевезення швидкісних поїздів (пасажирська складова);
- утримання інфраструктури (частка, що припадає на пасажирські швидкісні поїзди);
- електровозна тяга;
- ремонт рухомого складу швидкісних поїздів;
- господарство матеріально-технічного забезпечення (тут і далі мається на увазі частка, що припадає на пасажирські швидкісні перевезення);
- обслуговування пасажирів;
- господарство станцій, вокзалів;
- лабораторії залізниць;
- послуги, пов'язані з охороною;
- роботи (послуги) з модернізації колії, штучних споруд та земляного полотна;
- кар'єри та щебеневі заводи;
- господарство електропостачання;
- господарство лісозахисних насаджень;
- торгівля, громадське харчування;
- автотранспортне господарство;
- виробництво теплової енергії;
- інші господарства;
- загальновиробничі витрати;
- адміністративні витрати;
- витрати на збут;
- інші витрати операційної діяльності;
- фінансові витрати;
- інші витрати;
- надзвичайні витрати.

З наведеного вище видно, що коли компанія із швидкісних перевезень буде входити до складу ПАТ «Укрзалізниця», то на неї буде віднесена значна частка від багатьох складових витрат. У цьому разі Українська залізнична швидкісна компанія (УЗШК) практично не може впливати на мінімізацію цих витрат, частка яких сягає майже 25 %, і це призведе до значних збитків.

Якщо частка прямих, загальновиробничих, адміністративних та інших витрат визначається досить легко – встановленим відсотком для швидкісних перевезень, то дуже складно визначається частка витрат на утримання, модернізацію та розвиток колії, штучних споруд та земляного полотна. Справа в тому, що швидкісний пасажирський рух використовує з іншими видами перевезень одну і ту ж інфраструктуру, а при підвищенні швидкості руху пасажирських поїздів колія зношується значно інтенсивніше.

Такі дослідження були проведені к.т.н., доц. І. П. Корженевичем з Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна [11].

У перспективі швидкісна компанія буде сплачувати ПАТ «Укрзалізниця» кошти за нитку графіка та додавати до свого тарифу свої витрати за користування швидкісними потягами та утримання власної інфраструктури.

Капітальні вкладення. Для швидкісного руху прогнозувати капітальні вкладення на розвиток власної та залізничної інфраструктури значно легше, оскільки в Україні накопичено значний досвід підготовки інфраструктури до швидкісного руху. Але додатково слід додати витрати «Укрзалізниці» на розподіл вантажних та пасажирських перевезень по різних напрямках.

У той же час слід враховувати те, що реконструкція колій для швидкісного руху зі швидкістю до 200 км/год потребує значно більше капітальних вкладень, ніж на попередніх етапах реформування.

Рухомий склад. Якщо «Укрзалізниця» для подальшого розвитку швидкісного руху буде закуповувати рухомий склад Крюківського вагонобудівного заводу, то витрати на придбання цих швидкісних поїздів будуть майже у два рази менші, ніж на поїзди корейського «Hyundai Rotem».

Особливості методичних засад оцінювання ефективності функціонування високошвидкісного руху. У ході виконання перспективних розрахунків була використана модель прогнозування потреби в пасажирських перевезеннях, відпрацьована в рамках програми ТАСИС за участю компаній EPV Europrojkt Verkehr (Німеччина), SGTE (Англія), «Гіпротранстей» (Росія), «Transmark» (Англія), «Трансполіс» (Україна).

Для проведення подальших досліджень необхідно розробити алгоритм визначення ефективності впровадження та функціонування високошвидкісних перевезень (рис. 1).

Ця проблема у Європі, країнах СНД та в Україні вже частково досліджувалася, але системного наукового підходу, який би враховував методичні засади оцінювання всіх складових, досі не існує.

Даний алгоритм мусить враховувати не тільки послідовність виконання досліджень,

ЕКОНОМІКА ТА УПРАВЛІННЯ

а й деталізувати економічні розрахунки на кожному етапі з урахуванням специфіки сучасного транспортного ринку країни. На рис. 1 наведена укрупнена послідовність вирішення цієї задачі для високошвидкісного руху.

Визначення топології ВШМ. Розрахунок ефективності впровадження пасажирського високошвидкісного руху має певну специфіку й суттєво відрізняється від економіки курсування швидкісних перевезень, оскільки має свою ізольовану залізничну інфраструктуру. Якщо визначення ефективності швидкісного руху в Україні має певні проблеми з розрахунками витрат на перевезення пасажирів, то методика обґрунтування доцільності впровадження високошвидкісного руху досі не розроблена. Це пояснюється тим, що дотепер остаточно не визначена топологія високошвидкісних магістралей в Україні. Цією проблемою у 2002–2004 роках займалися французька компанія «SYSTRA» та Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. Було запропоновано три варіанти траси, які суттєво відрізнялися між собою.

Але практика використання в Україні прискорених та швидкісних поїздів внесла деякі корективи в топологію високошвидкісних магістралей. Автор пропонує новий варіант (рис. 2), за яким передбачено виключення з траси Київ–Львів станцію Біла Церква та зупинки на станціях Вінниця та Хмельницький.

Таким чином, запропонована топологія високошвидкісних магістралей являє собою два горизонтальних та два вертикальних залізничних ходи, які дозволили поєднати між собою 13 обласних центрів і великі за кількістю мешканців міста Кривий Ріг та Маріуполь. Частково змінена організація руху поїздів, розрахункова середня швидкість руху становить 200 км/год.

Подальші дослідження стосовно економічної ефективності будівництва та експлуатації високошвидкісних магістралей слід починати з організації будівництва інфраструктури, закупівлі спеціального рухомого складу та визначення їх вартості. Під терміном **високошвидкісна інфраструктура** слід розуміти (рис. 3):

- ізольовані високошвидкісні колії, що проходять як по земельній ділянці та і по естакаді;
- штучні споруди;
- необхідні пристрої, лінії електричних передач, автоблокування та зв'язку;

– залізничні станції різних призначень з необхідними пристроями;

– залізничні вокзали;

– вагоноремонтний завод;

– вагоноремонтні депо;

– інші інженерні споруди та комунікації для забезпечення нормальної діяльності попередніх споруд.

З огляду на топологію високошвидкісних магістралей (див. рис. 2) на теренах України слід побудувати нову технічну станцію для ремонту та екіпірування високошвидкісних поїздів, кілька пасажирських кінцевих станцій та транзитних станцій на усіх чотирьох напрямках руху.

Кількість вагонних депо, потужність пасажирської технічної станції (ремонтно-екіпірувального депо) визначаються технічними та економічними розрахунками за спеціальними нормативами.

Вартість вказаних вище споруд та інженерних комунікацій можна орієнтовно визначити за допомогою розрахунків, які були виконані компанією «SYSTRA» або науковцями Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна відповідно у 2002 та 2004 роках з адаптацією вартості до сучасних умов будівництва.

Для методичного визначення орієнтовної вартості високошвидкісної інфраструктури можна запропонувати формулу (4), яка дозволяє розрахувати інвестиції у будівництво: колій, що прокладені на земляному полотні та на естакадах, станцій різного призначення та вокзалів, які будуються за типовою схемою, пасажирських технічних станцій та вагоноремонтних депо, а також інших інженерних споруд і комунікацій.

$$\begin{aligned} \text{ВВІ} = & L_{\text{зп}} \text{ВК}_{\text{зп}} + L_{\text{ест}} \text{ВК}_{\text{ест}} + \alpha_{\text{пр}} \text{ВС}_{\text{пр}} + \\ & + \alpha_{\text{к}} \text{ВС}_{\text{к}} + \delta_1 \text{ВВ}_1 + \delta_2 \text{ВВ}_2 + \varphi_{\text{птс}} \text{ВПТС} + \\ & + \gamma_{\text{д}} \text{ВД} + \text{ВІК} + \text{ВІС} + \text{ВЗВ} + \text{ВШС}, \quad (4) \end{aligned}$$

де ВВІ – вартість високошвидкісної інфраструктури, тис. грн; $L_{\text{зп}}, L_{\text{ест}}$ – довжина колій на земляному полотні та естакадах відповідно з урахуванням ЛЕП, ліній зв'язку, автоблокування, км; $\text{ВК}_{\text{зп}}, \text{ВК}_{\text{ест}}$ – вартість 1 км колій на земляному полотні та естакадах відповідно, тис. грн за 1 км;

ЕКОНОМІКА ТА УПРАВЛІННЯ

Визначення топології ВШМ з урахуванням населеності міст
Визначення обсягів пасажирських перевезень по ВШМ по кожній її ділянці
Розрахунок кількості високошвидкісних поїздів з урахуванням графіка їх руху та кількості проміжних зупинок
Розрахунок кількості ремонтних підрозділів (заводів та депо)
Визначення послідовності будівництва ВШМ, окремих пускових комплексів
Розрахунок вартості об'єктів інфраструктури високошвидкісної магістралі та рухомого складу за окремими етапами та пусковими комплексами
Розрахунок доходів від перевезення пасажирів за окремими пусковими комплексами будівництва
Розрахунок витрат на перевезення пасажирів по ВШМ за окремими пусковими комплексами та складовими
Розрахунок ефективності (збитковості) перевезень пасажирів за окремими пусковими комплексами
Остаточне визначення ефективності перевезень пасажирів по ВШМ
Вирішення проблеми фінансування ВШМ за рахунок різних коштів
Вибір остаточного варіанта будівництва ВШМ, поетапного фінансування та ефективності діяльності з урахуванням виплати дивідендів

Рис. 1. Алгоритм виконання досліджень стосовно доцільності будівництва високошвидкісної магістралі

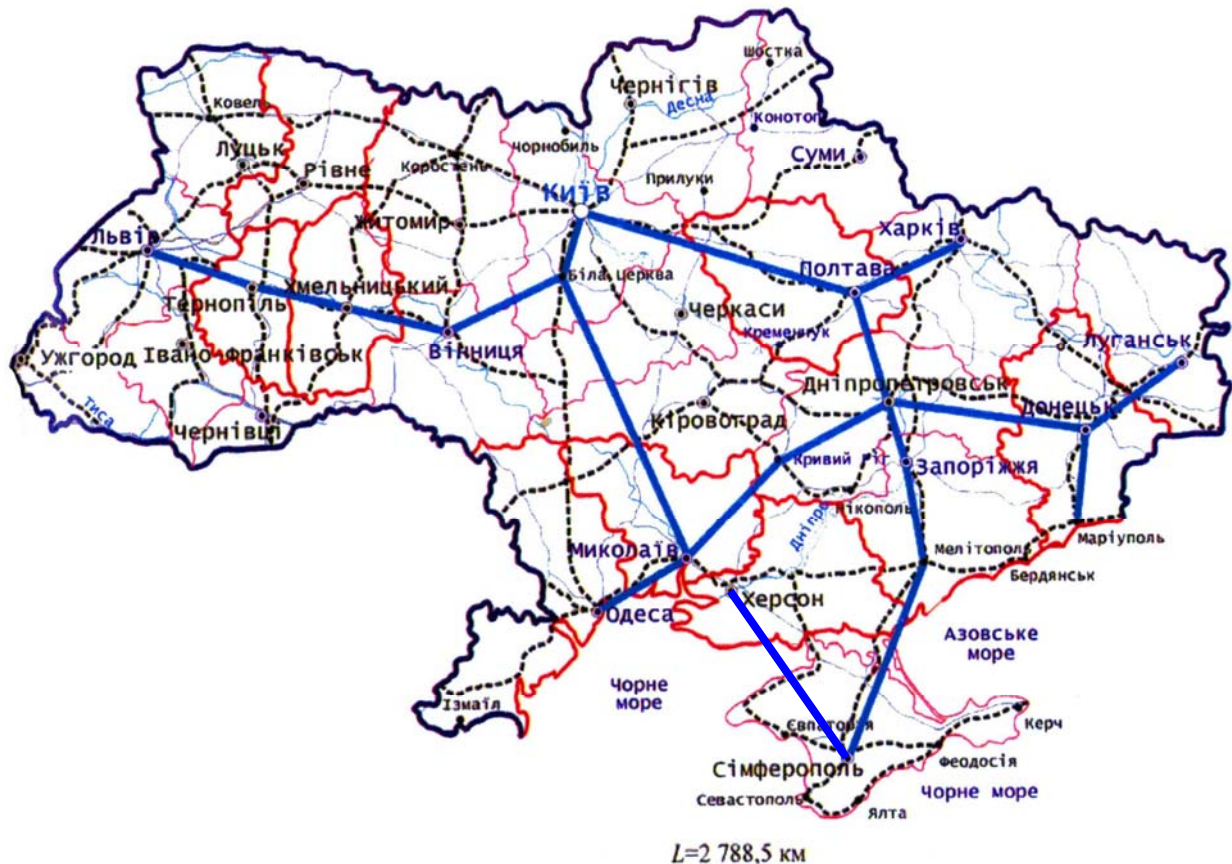


Рис. 2. Топологія високошвидкісних магістралей в Україні за пропозицією автора

ЕКОНОМІКА ТА УПРАВЛІННЯ

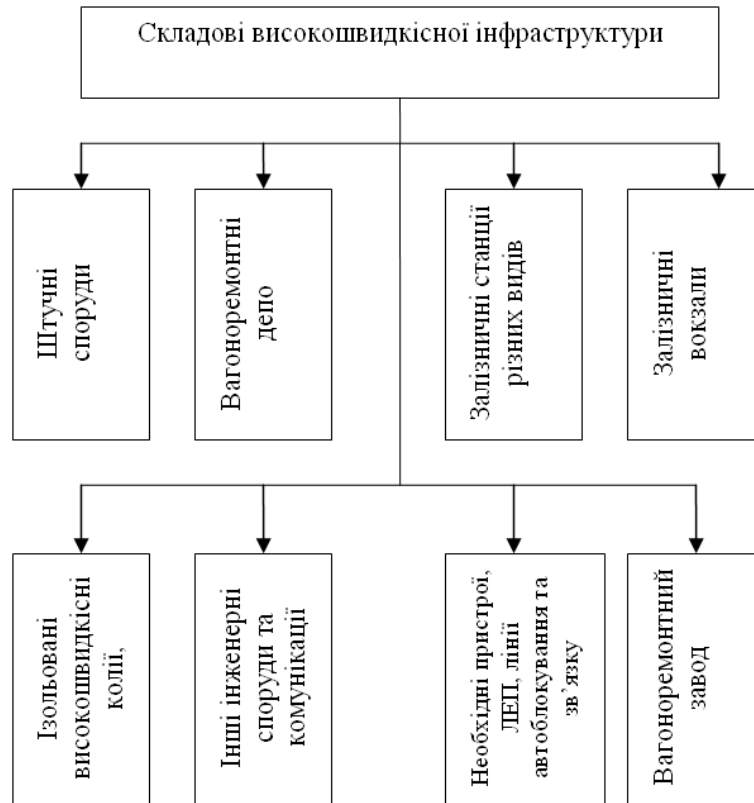


Рис. 3. Структурні складові високошвидкісної інфраструктури для визначення вартості її будівництва



Рис. 4. Принцип розрахунку кількості пасажирських високошвидкісних поїздів на заданому напрямку руху

$\alpha_{\text{пр}}, \alpha_{\text{к}}$ – кількість відповідно проміжних і кінцевих станцій на мережі високошвидкісних магістралей, од.; $вс_{\text{пр}}, вс_{\text{к}}$ – вартість типової проміжної та типової кінцевої станції відповідно на

мережі високошвидкісних магістралей, тис. грн; δ_1, δ_2 – кількість вокзалів першого та другого типу відповідно, од.; $вв_1, вв_2$ – вартість типового вокзалу першого та другого типу відповідно,

ЕКОНОМІКА ТА УПРАВЛІННЯ

тис. грн; $\Phi_{\text{впте}}$ – кількість пасажирських технічних станцій для поточного ремонту та екіпірування високошвидкісних поїздів, од.; впте – вартість пасажирської технічної станції для поточного ремонту та екіпірування високошвидкісних поїздів, тис. грн; γ_d – кількість вагонних депо для ремонту високошвидкісних поїздів, од.; вд – вартість типового вагонного депо для ремонту високошвидкісних поїздів, тис. грн; вік – вартість інженерних комунікацій для обслуговування високошвидкісних магістралей, тис. грн; віс – вартість інженерних споруд для обслуговування високошвидкісних магістралей, тис. грн; взав – вартість будівництва заводу з ремонту високошвидкісного рухомого складу, тис. грн; вшс – вартість штучних споруд, тис. грн.

Розрахунок кількості одиниць рухомого складу (рис. 4) слід визначати за умови певної організації руху високошвидкісних поїздів на високошвидкісних магістралях, прогнозованої кількості пасажирів на заданих напрямках руху (n_j), розрахункової кількості місць у поїзді (КМП), прогнозованої населеності поїзда (K_j^n), розрахункової відстані курсування (l_j), середньої швидкості руху поїзда (v_j), кількості оборотів поїзда протягом доби (β_j) за формулою (5).

$$\text{КРС} = \sum_{j=1}^r \frac{n_j}{\text{КМП}_j K_j^n \beta_j}, \quad (5)$$

$$\beta_j = \frac{15}{2 t_{\text{рух}} + 2 t_{\text{очік}}}, \quad (6)$$

де: $t_{\text{рух}} = \frac{l_j}{v_j}$ – термін руху високошвидкісного поїзда на j -му напрямку протяжністю l км та при середній швидкості v км /год; $t_{\text{очік}}$ – термін простою високошвидкісних поїздів між двома рейсами протягом доби.

Слід сказати, що деякі високошвидкісні поїзди можуть робити два обороти протягом доби, оскільки вони працюють з 6 годин 30 хвилин до 23 годин. Обмеження 15 годин введено у формулу (6) з метою стабільної роботи різних поїздів на одному напрямку.

Розрахункова кількість високошвидкісних поїздів суттєво залежить від їх структури, кіль-

кості моторних проміжних та причіпних вагонів, а також загальної кількості пасажирських місць.

Розрахунок доходів від перевезень. Спрогнозувати доходи від перевезення пасажирів у високошвидкісних поїздах дуже складно, оскільки неможливо з великою точністю розрахувати перспективні обсяги перевезень пасажирів в Україні. Є методика розрахунку французької компанії «SYSTRA», але вона не враховує транзитний потік пасажирів з Росії та СНД в Крим та Одесу.

Формула, яку вони запропонували (7), виведена емпіричним шляхом і не має фізичного сенсу:

$$\Pi_{AB} = k \frac{H_A H_B}{f(L_M T_M)}, \quad (7)$$

де Π_{AB} – обсяг перевезень між двома кінцевими містами A і B ; k , f – коефіцієнт моделі й частота поїздок відповідно; H_A , H_B – населення двох кінцевих міст відповідно A і B ; L_M – довжина маршруту; T_M – тривалість поїздки високошвидкісним поїздом за маршрутом між містами A і B .

У ході аналізу цієї формули виникає багато запитань: для чого в чисельнику перемножується кількість населення в містах A та B ? для чого в знаменнику одночасно наявні довжина маршруту та тривалість поїздки, оскільки остання величина залежить від першої? що таке коефіцієнт моделі і як він обчислюється? і найголовніше, як у формулі враховується транзитний пасажиропотік, який доцільно частково перевести на швидкісне сполучення?

Нижче автором запропонована нова формула (8) для розрахунку перспективних обсягів перевезень по високошвидкісній магістралі, яка дозволяє не тільки врахувати транзитний потік пасажирів через Україну, а й пропорційно кількості населенню міст, що входять у ВШМ, розподілити пасажирів за окремими ділянками з урахуванням рухливості населення, терміну поїздки та певних особливостей міст, що впливають на кількість поїздок:

$$\Pi_{AB} = \frac{(H_A + TP_A)(H_B)}{H_{\text{ВШМ}}} R K_t K_{\text{пас}}, \quad (8)$$

ЕКОНОМІКА ТА УПРАВЛІННЯ

P_{AB} – прогнозна річна кількість перевезених пасажирів між двома містами A і B , тис. чол.; H_A , H_B – населення міст відповідно A і B , тис. чол.; TP_A – транзитний пасажиропотік з країн СНД по станції A , тис. чол.; $H_{\text{ВШМ}}$ – загальна кількість населення на станціях високошвидкісної магістралі, тис. чол.; R – рухливість населення України по високошвидкісній магістралі, частка; K_t – коефіцієнт, що враховує термін поїздки пасажирів на заданій ділянці, який коливається в межах від 0,75 до 1,35, частка; $K_{\text{пас}}$ – коефіцієнт, що враховує додатково частоту поїздки пасажирів на заданій ділянці (відрядження, пересадка на літак, відпочинок), який коливається в межах від 0,75 до 1,25, частка.

У запропонованій формулі співвідношення $\frac{H_A H_B}{H_{\text{ВШМ}}} r$ вказує, яка частка кількості мешканців міста B від загальної кількості населення міст, що входять до високошвидкісної магістралі, буде подорожувати в місто A та у зворотному напрямку протягом року.

Транзитний потік пасажирів з Росії та СНД, які будуть подорожувати по українській ВШМ після пересадки зі звичайної мережі залізниць або з російської ВШМ, включається додатково тільки в Харкові та Києві.

Нижче на рис. 5 наведена схема населення міст України, які будуть користуватися високошвидкісним рухом, та транзитний потік з Росії та СНД.

На рисунку наведено всі міста України, які запропоновано включити до високошвидкісної магістралі. Поряд з кожною назвою міста вказано кількість населення в ньому станом на 2010 рік. Міста залежно від кількості мешканців виділено різними кольорами. Загальна кількість населення міст, що включені до ВШМ, позначено у формулі (5) величиною $H_{\text{ВШМ}}$ і дорівнює 12 996 тис.

Раніше [9] було визначено рухливість населення України, яке користується залізничним транспортом. Вона становить у дальньому сполученні майже 1,4 поїздки на рік.

Коефіцієнт, що враховує термін поїздки пасажирів між окремими містами, суттєво впливає на попит користування ВШМ. Наприклад, термін поїздки від Львова до Сімферополя складе близько 6 годин. У той же час тривалість поїздки між Києвом та Дніпропетровськом становить

до двох годин. Завдяки такій різниці в часі попит на користування високошвидкісною магістраллю може відрізнятись майже вдвічі. Такі дані отримані у Франції та інших країнах Європи.

Досвід експлуатації швидкісних поїздів в Україні у 2013 році показав, що попит на перевезення пасажирів між Харковом та Києвом в 1,5 разу вищий, ніж між Донецьком та Києвом, оскільки різниця в терміні поїздки становить 1,5 години.

Коефіцієнт, що враховує частоту поїздок пасажирів на заданому напрямку (відрядження, пересадка на літак, відпочинок), також суттєво впливає на кількість перевезених пасажирів. Наприклад, влітку потік пасажирів на відпочинок у місто Сімферополь зростає в кілька разів і може перевищити загальне населення регіону (рис. 5). Такі коливання пасажирів слід враховувати при перерозподілі пасажиропотоку протягом року.

Враховуючи сказане, а також величину дохідної ставки, розрахунок доходів від перевезення пасажирів високошвидкісними поїздами запропоновано виконувати за формулою (9):

$$\text{ДВШП} = \sum_{j=1}^r (ns_1 + ns_2 + ns_3) \text{ДС}_{\text{вшп}}, \quad (9)$$

де ДВШП – дохід від перевезення пасажирів високошвидкісними поїздами, грн за пас.-км; ns_1 , ns_2 , ns_3 – кількість прогнозних пас.-км відповідно на першій, другій та третій ділянках пасажирського напрямку. Ці дані можна розраховувати за вказаною вище методикою. Передбачено, що високошвидкісні поїзди будуть мати не більш двох зупинок на одному напрямку пасажирського руху; $\text{ДС}_{\text{вшп}}$ – середня дохідна ставка за 1 пас.-км високошвидкісного руху, грн. Визначається для середньої швидкості 200 км/год на рівні 0,785 грн за 1 пас.-км; r – кількість високошвидкісних ділянок між окремими містами України, яка визначається за топологією високошвидкісних магістралей.

Витрати на перевезення пасажирів. Зараз ПАТ «Укрзалізниця» калькулює витрати на перевезення пасажирів за допомогою форми 10 ЗАЛ, яка враховує всі витрати на утримання та ремонт інфраструктури залізниць, експлуатацію та всі види ремонту вагонів, локомотивів або окремих поїздів, утримання та ремонт усіх видів комунікацій і споруд тощо.

ЕКОНОМІКА ТА УПРАВЛІННЯ

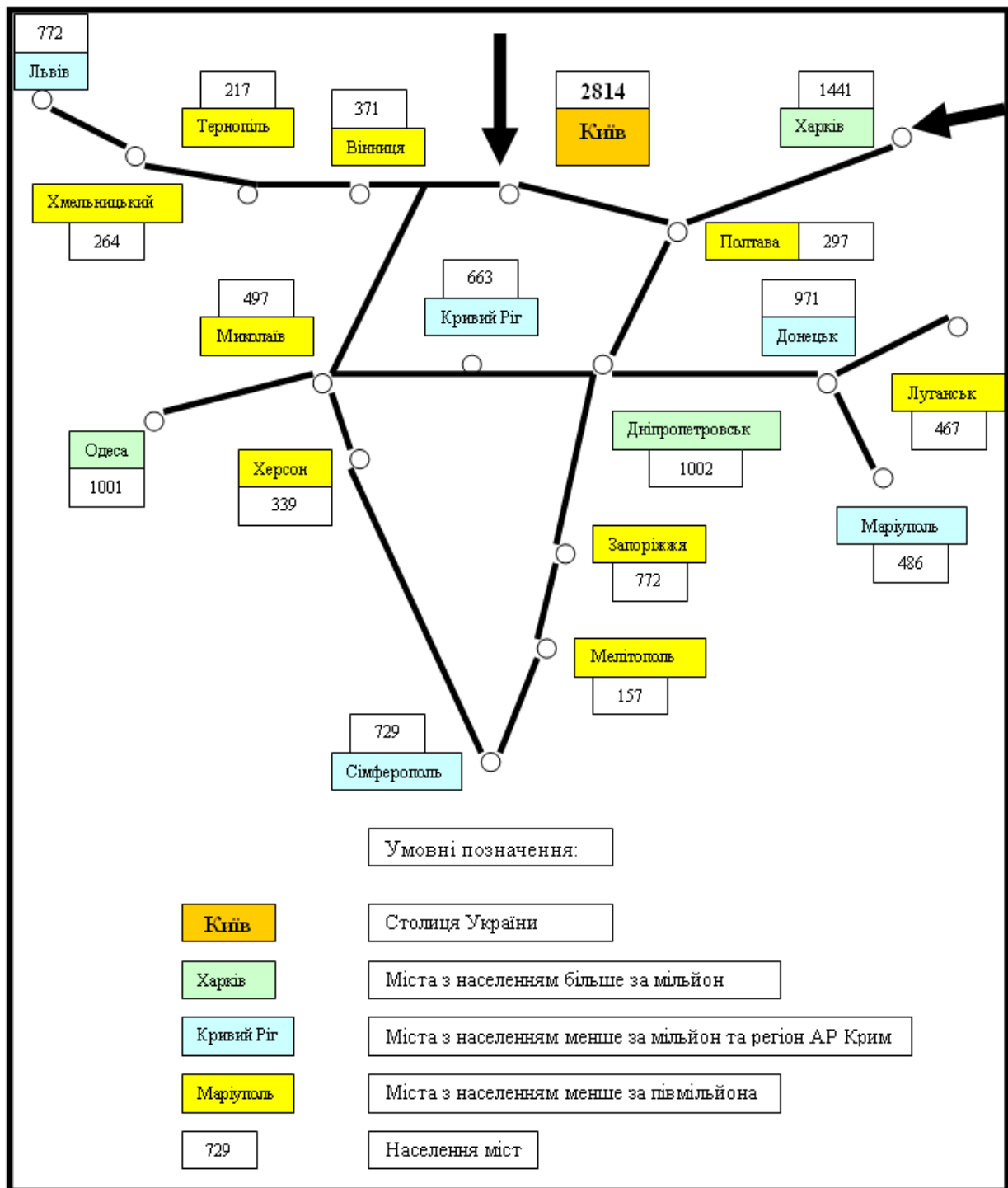


Рис. 5. Населення міст України, що включені до ВШМ України

Високошвидкісні компанії будуть калькулювати витрати для визначення собівартості пасажирських перевезень аналогічно, але за окремою формою, оскільки всі ці витрати будуть враховуватися для ізольованої високошвидкісної магістралі, де будуть свої вокзали, вагонні депо, па-

сажирські технічні станції для екіпірування поїздів, технологічні обслуговуючі споруди й комунікації, а також рухомий склад. Для унаочнення перерозподілу доходів та витрат високошвидкісної пасажирської компанії та взаємодії між собою усіх суб'єктів перевізного процесу на

ЕКОНОМІКА ТА УПРАВЛІННЯ

рис. 6 наведено модель перерозподілу основних фінансових потоків.

З рис. 6 випливає, що всі доходи від перевезення пасажирів отримує високошвидкісна компанія-оператор, яка мусить сплатити кошти за послуги, що їй надає компанія високошвидкісної інфраструктури за доступ до всіх її структурних підрозділів, у тому числі за користування залами очікування та безкоштовними послугами вокзалів.

Компанія-оператор може бути будь-якої форми власності, але мати свій або орендований рухомий склад. Виконувати перевезення пасажирів компанія-оператор спочатку зможе тільки за умови використання послуг дирекції з експлуатації рухомого складу, тобто машиніст та його помічники мусять бути представниками спеціальної структури, яка буде мати ліцензію на перевезення пасажирів високошвидкісними поїздами. Потім після певного строку роботи на високошвидкісних магістралях компанія-оператор зможе отримати ліцензію на перевезення пасажирів для власних машиністів та помічників.

Кожної доби високошвидкісні поїзди повинні проходити поточні ремонти, прибирання, зовнішнє та внутрішнє миття й екіпірування. За спеціальним графіком та встановленою періодичністю поїздам слід виконувати інші види ремонтів та технічну ревізію. За виконання вказаних робіт компанія-оператор мусить сплачувати кошти ремонтно-екіпірувальним депо (РЕДу), які розташовані на пасажирських технічних станціях.

Для виконання планових видів ремонту високошвидкісного рухомого складу останні з певною періодичністю надходять у вагоноремонтне депо або на вагоноремонтний завод. За ці послуги компанія-оператор сплачує кошти тільки в разі необхідності виконання таких видів ремонту. Для зниження витрат на будівництво можна поєднати вагоноремонтне депо з ремонтно-екіпірувальним депо на одній пасажирській технічній станції. До речі, частина вагонних депо в Україні поєднана з ремонтно-екіпірувальними пунктами.

Пасажири додатково сплачують кошти на вокзалах за отримання платних послуг:

- зберігання речей у камерах сховищах;
- користування платними залами очікування;
- користування послугами сервіс-центру;
- користування платними туалетами;
- інші послуги з продажу товарів, їжі тощо.

З огляду на сказане вище можна констатувати, що вартість перевезення пасажирів високошвидкісними поїздами складається з тарифу та посередницьких послуг, які беруть додатково до тарифу приватні посередницькі компанії-оператори.

У свою чергу тариф на перевезення пасажирів високошвидкісними поїздами складається з трьох основних частин:

- інфраструктурної складової, яку отримують усі підрозділи високошвидкісної інфраструктури;
- локомотивної складової, яку отримує дирекція з експлуатації рухомого складу;
- вагонної складової, яку отримують власники рухомого складу (до неї також включені витрати на всі види ремонту, прибирання, миття та екіпірування поїздів).

Під час впровадження високошвидкісного руху перевезення пасажирів можуть виконувати різні компанії-оператори, з різною формою власності, які можуть не тільки мати власний рухомий склад, але й орендувати його. У разі оренди рухомого складу вагонна складова перераховується власнику поїздів, а компанія-оператор отримує лише посередницьку плату.

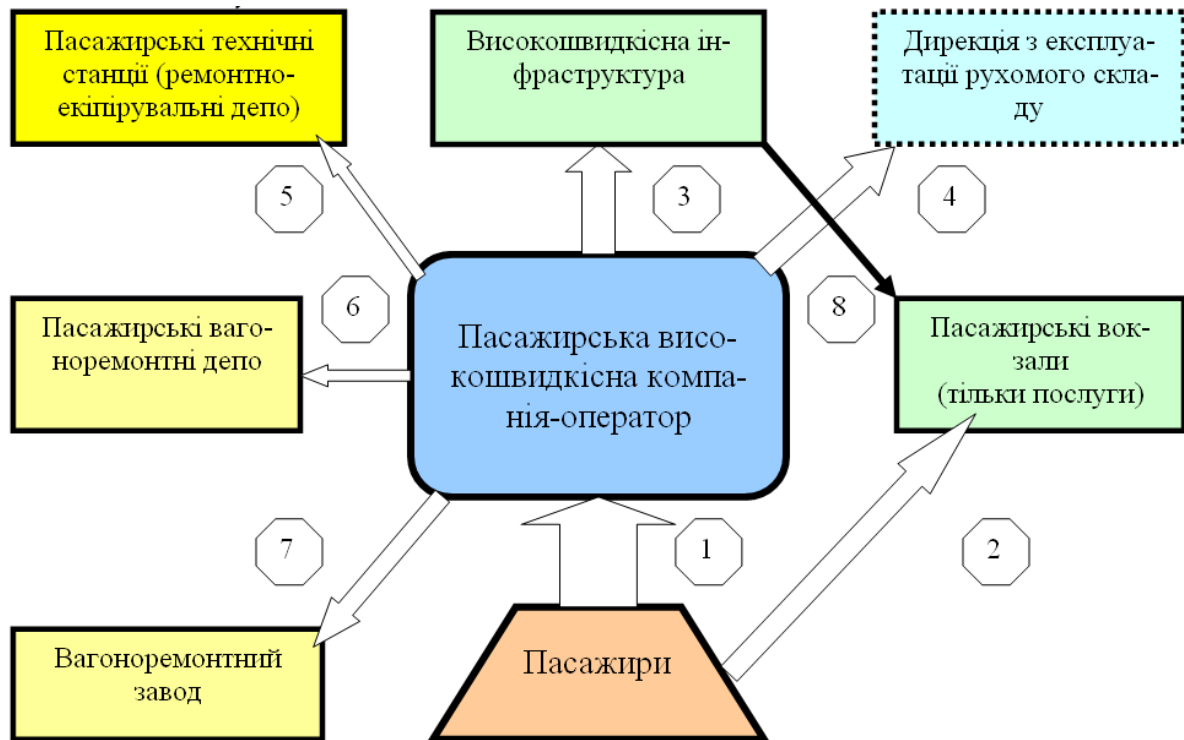
У загальному вигляді витрати на перевезення пасажирів високошвидкісними поїздами можна розрахувати за формулою (10):

$$\text{ВВШП} = \text{ППІ} + \text{ПЕК} + \text{ПРЕД} + \text{ПДР} + \text{ПЗР} + \text{ВВШК}, \quad (10)$$

де ВВШП – загальні витрати високошвидкісної компанії, тис. грн; ППІ – плата за послуги високошвидкісної інфраструктури, тис. грн; ПЕК – плата за використання локомотивних бригад, тис. грн; ПРЕД – плата за послуги з поточного ремонту та екіпірування поїздів, тис. грн; ПДР – плата за виконання депоського ремонту поїздів, тис. грн; ПЗР – плата за виконання заводського ремонту поїздів, тис. грн; ВВШК – власні витрати високошвидкісної компанії, тис. грн.

Вплив факторів зовнішнього середовища на роботу високошвидкісних компаній. Нормальне функціонування пасажирської високошвидкісної компанії суттєво залежить від факторів зовнішнього середовища, оскільки вони можуть поліпшувати її діяльність, або навпаки перешкоджати. Дію цих факторів представлено на рис 7.

ЕКОНОМІКА ТА УПРАВЛІННЯ



Умовні позначення:

1. Доходи від перевезень пасажирів високошвидкісними поїздами.
2. Плата за послуги вокзалів.
3. Плата пасажирської компанії за послуги інфраструктури.
4. Плата пасажирської компанії дирекції з експлуатації поїздів (якщо компанія не має свого рухомого складу).
5. Плата пасажирської компанії дирекції з екіпування та поточного ремонту високошвидкісних поїздів.
6. Плата пасажирської компанії вагоноремонтним депо за ремонт пасажирських поїздів.
7. Плата пасажирської компанії за заводський ремонт рухомого складу.
8. Плата за користування безкоштовними послугами вокзалів.

Рис. 6. Модель перерозподілу фінансових потоків між суб'єктами перевізного процесу

Вплив факторів зовнішнього середовища на роботу високошвидкісних компаній. Нормальне функціонування пасажирської високошвидкісної компанії суттєво залежить від факторів зовнішнього середовища, оскільки вони можуть поліпшувати її діяльність або навпаки перешкоджати. Дію цих факторів наведено на рис. 7.

Найбільше впливають на діяльність компанії-оператора мають споживачі транспортних послуг або пасажирів. Тому для їх залучення необхідно спочатку, щоб компанії працювали з невеликою прибутковістю, а потім, коли потік пасажирів збільшиться, можна поступово піднімати ціни на перевезення до розрахункової відмітки.

Враховуючи те, що тарифи на перевезення будуть контролюватися незалежним недержавним органом, зниження вартості проїзду слід виконувати за рахунок зменшення власного прибутку

компанії-оператора. Другим фактором, який також суттєво впливає на ефективність функціонування ВШК, є конкуренти. До них слід віднести автомобільний та авіаційний транспорт.

Дослідження країн Європи показали, що при терміні поїздки високошвидкісним поїздом до 4–5 годин пасажирів вибирають залізничний транспорт, а якщо поїздка триває 7–8 годин, пасажирів переходять на авіаційний транспорт. В Україні значний вплив на вибір виду транспорту має вартість поїздки, оскільки життєвий рівень населення не дозволяє сплачувати значні суми за авіаційні перевезення. Тому наші співвітчизники будуть користуватися залізничним високошвидкісним рухом при терміні поїздки більше 7–8 годин. Запропонована топологія високошвидкісних магістралей дозволяє подорожувати у межах України з будь-якої станції протягом 6 годин.

ЕКОНОМІКА ТА УПРАВЛІННЯ



Рис. 7. Модель основних факторів зовнішнього середовища, що діють на високошвидкісну компанію-оператор

З цього випливає, що високошвидкісний транспорт є дуже перспективним і дозволить пасажиром подорожувати в межах всієї України. Але яка кількість населення зможе користуватися цим видом транспорту, поки не визначено.

Ще одним з факторів зовнішнього середовища є постачальники технологій та ресурсів. На цю проблему є два погляди. Перший – закупляти рухомий склад за кордоном та запропонувати розробити проект високошвидкісної магістралі французькій компанії «SYSTRA». Друга точка зору, поборником якої був Г. М. Кірка, розвивати наукову-дослідну базу стосовно високошвидкісного руху в Україні за участі ДНУЗТ, Інституту механіки Академії наук та Крюківського вагонобудівного заводу, який має досвід будування швидкісних поїздів.

Законодавчої бази стосовно розвитку високошвидкісного руху не існує, але в Україні на базі Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна готують фахівців з інтероперабельності для адаптування залізничного законодавства до європейських нормативів. У найближчі роки цей ВНЗ за допомогою французького університету у місті Нант буде випускати фахівців європейського рівня з експлуатації високошвидкісних перевезень.

Найбільшою проблемою з факторів зовнішнього середовища є інвестиції у будівництво високошвидкісної інфраструктури та на закупівлю рухомого складу. Попередні дослідження, які були виконані ДНУЗТ у 2004 році, показали необхідність будівництва високошвидкісної

ЕКОНОМІКА ТА УПРАВЛІННЯ

магістралі тільки за кошти державних інвестицій, оскільки низька ефективність функціонування високошвидкісної компанії в перші роки будівництва не дозволяє залучити до інвестування приватний капітал.

В Україні ініціативною групою пропонується впровадження проекту високошвидкісного руху з Іспанії до Китаю через Україну, Росію, Казахстан за рахунок приватного капіталу, але будівництво цієї міжнародної магістралі не дозволить вирішити проблеми високошвидкісного пасажирського руху в Україні.

Результати

На основі виконаного аналізу можна констатувати, що в роботі розроблено методичний підхід до комплексного визначення ефективності будівництва та експлуатації швидкісних і високошвидкісних поїздів з урахуванням вартості інфраструктури, рухомого складу, впливу факторів зовнішнього середовища та ін.

Наукова новизна та практична значимість

Нами запропоновано науковий підхід щодо визначення економічної ефективності будівництва та експлуатації високошвидкісних магістралей, який на відміну від існуючого включає удосконалені принципи визначення кількості перевезених пасажирів, вартості будівництва ВШМ, кількості одиниць рухомого складу, оптимізує розрахунки доходів та витрат в контексті конкурентних переваг та впливу зовнішніх факторів на діяльність компанії. Удосконалено методичний підхід щодо розрахунку перспективних обсягів перевезень по високошвидкісній магістралі, який суттєво відрізняється від європейського, запропонованого французькою компанією «SYSTRA», оскільки дозволяє додатково врахувати транзитний потік пасажирів через Україну, розподілити пасажирів за окремими ділянками пропорційно кількості населення міст, що входять до високошвидкісної магістралі, з урахуванням середньої рухливості населення, терміну поїздки та коефіцієнта, що враховує додатково частоту поїздки пасажирів на заданій ділянці залежно від призначення (відрадженого, пересадка на літак, відпочинок та ін.). Врахування вищевказаних ознак підвищує обґрунтованість управлінських рішень щодо забезпечення ефективності функціонування високошвидкісних перевезень.

Висновки

На основі виконаних досліджень можна зробити такі висновки:

1. Існуюча методика визначення економічної доцільності будівництва та експлуатації ВШМ, що розроблена ДНУЗТ на базі французької компанії «SYSTRA» в Україні потребує доопрацювання.

2. Нова методика дозволяє розподіляти пасажирів за окремими ділянками пропорційно кількості населення міст, що входять до високошвидкісної магістралі, з урахуванням середньої рухливості населення, терміну поїздки та коефіцієнта, що враховує додатково частоту поїздки пасажирів на заданій ділянці.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бараш, Ю. С. Сравнение видов транспорта с учетом устойчивого развития общества / Ю. С. Бараш, И. П. Корженевич, П. А. Лихопек // Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Д., 2009. – Вип. 28. – С. 210–214.
2. Бараш, Ю. С. Теоретико-методичний підхід до визначення конкурентоспроможності послуг, що надаються пасажирськими видами транспорту / Ю. С. Бараш, А. А. Покотілов, Т. Ю. Чаркіна // Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Д., 2011. – Вип. 38. – С. 233–237.
3. Бараш, Ю. С. Управління залізничним транспортом країни : монографія / Ю. С. Бараш. – Д. : Вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2006. – 264 с.
4. Босов, А. А. Формирование вариантов рациональной сети линий высокоскоростного движения поездов в Украине / А. А. Босов, Г. Н. Кирпа. – Д. : Вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2004. – 144 с.
5. Дикань, В. Л. Обеспечение конкурентоспособности предприятия : монографія / В. Л. Дикань. – Х. : Основа, 1995. – 160 с.
6. Звітні дані Швидкісної компанії Укрзалізниці за 2012-2013 роки. – К. : Укрзалізниця, 2012.
7. Кірдіна, О. Г. Методологічні аспекти інвестиційно-інноваційного розвитку залізничного комплексу України : монографія / О. Г. Кірдіна. – Х. : УкрДАЗТ, 2011. – 312 с.
8. Концепція впровадження швидкісного руху пасажирських поїздів на залізницях України в 2004-2015 роках. – К. : Держ. адмін. залізн. трансп. України, 2004. – 43 с.

ЕКОНОМІКА ТА УПРАВЛІННЯ

9. Момот, А. В. Методичний підхід до визначення раціональних швидкостей руху пасажирських поїздів та раціональних зон їх курсування / А. В. Момот // Пробл. економіки трансп. : зб. наук. пр. Дніпропетр. нац. ун-ту заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Д., 2013. – Вип. 5. – С. 80–89.
10. Номенклатура витрат з основних видів економічної діяльності залізничного транспорту України : затв. Наказ Укрзалізниці від 21 серпня 2007 № 417-Ц. – К. : Поліграфсервіс, 2011. – 448 с.
11. Предварительное технико-экономическое обоснование проекта высокоскоростных железных дорог в Украине. – К. : «SYSTRA», 2002. – 213 с.
12. Принципи визначення ефективності курсування приміських пасажирських поїздів на заданому напрямку руху / Ю. С. Бараш, Т. Ю. Чаркіна, Ю. П. Мельянцова и др. // Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Д., 2012. – Вип. 41. – С. 234–248.
13. Програми економічних реформ на 2010–2014 роки : «Заможне суспільство, конкурентоспроможна економіка, ефективна держава» [Електронний ресурс]. – 87 с. – Режим доступа: http://www.president.gov.ua/docs/Programa_reform_FINAL_1.pdf. – Назва з екрана.
14. Розробка концепції впровадження швидкісного та високошвидкісного руху пасажирських поїздів на залізницях України в 2005–2015 роках. – Д. : Вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2004. – 170 с.
15. Транспортна стратегія України на період до 2020 року : Розпорядження Каб. Міністрів України від 20 жовтня 2010 № 2174 [Електронний ресурс]. – Режим доступа: <http://zakon.rada.gov.ua>. – Назва з екрана.
16. Чаркіна, Т. Ю. Дослідження впливу загального терміну поїздки пасажирів на доходи транспортних підприємств / Т. Ю. Чаркіна // Вісн. економіки трансп. і пром-сті: зб. наук.-практ. статей. – Х., 2012. – Вип. 39. – С. 180–183.
17. Чаркіна, Т. Ю. Управління конкурентоспроможністю залізничних пасажирських перевезень на ринку транспортних послуг : автореф. дис. ... канд. екон. наук : 08.00.04 / Чаркіна Тетяна Юріївна ; Укр. держ. акад. заліз. трансп. – Х., 2013. – 22 с.
18. Чаркіна, Т. Ю. Усовершенствование принципов управления конкурентоспособностью пассажирских перевозок / Т. Ю. Чаркіна // Современный науч. вестн. Серия «Экономические науки». – 2012. – № 16 (128). – С. 97–108.
19. Peter, B. Railway Reform in Germany: Restructuring, Service Contracts, and Infrastructure Charges. Doctoral Thesis [Virtual Resource] / B. Peter. – Berlin : Technische Universität, 2008. – 236 p. – Access mode : <http://opus4.kobv.de/opus4-tuberlin/frontdoor/index/index/docId/1783>. – Title from the screen. – Date of access: 05 November 2013.
20. Road and Rail Freight Infrastructure Pricing. [Electronic resource] // Productivity Commission Inquiry Report. – 2006. – № 41. – Access mode: http://www.ecotransit.org.au/ets/files/freight_productivitycomm_dec2006.pdf. – Title from the screen.
21. Rail infrastructure pricing: principles and practice. – 2003. – Report 109. – Access mode: http://bitre.gov.au/publications/2003/files/report_109.pdf. – Title from the screen.

А. В. МОМОТ^{1*}

^{1*}Каф. «Учет, аудит и интеллектуальная собственность», Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, Днепропетровск, Украина, 49010, тел. +38 (0562) 33 58 13, эл. почта ubarash@mail.ru

МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ЭФФЕКТИВНОСТИ КУРСИРОВАНИЯ СКОРОСТНЫХ И ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ ПОЕЗДОВ

Цель. Разработать методический подход и сформулировать мероприятия касающиеся определения экономической целесообразности внедрения скоростного и высокоскоростного движения в Украине. **Методика.** Экономическое обоснование целесообразности организации скоростного и высокоскоростного движения в Украине является инвестиционным проектом, который предполагает поэтапное вложение денег в строительство, что позволит в дальнейшем получать ежегодно прибыль от перевозки пассажиров. Для решения задач такого типа используют чистый дисконтированный доход, который может получить Укрзалізниця или вновь созданные компании во время реализации проекта и после его окончания.

ЕКОНОМІКА ТА УПРАВЛІННЯ

Результаты. На основе проведенных исследований можно констатировать, что в работе разработан методический подход для комплексного определения эффективности строительства и эксплуатации скоростных и высокоскоростных пассажирских поездов с учетом стоимости инфраструктуры, подвижного состава, воздействия факторов внешней среды и т. д. **Научная новизна.** Предложен научный подход для определения экономической эффективности строительства и эксплуатации высокоскоростных магистралей, который, в отличие от существующего, включает усовершенствованные принципы определения количества перевезенных пассажиров, стоимости строительства ВСМ, количества единиц подвижного состава, оптимизирует расчеты доходов и затрат в контексте конкурентных преимуществ и влияния внешних факторов на деятельность компании. Усовершенствован методический подход для расчета перспективных объемов перевозок по высокоскоростной магистрали, который существенно отличается от европейского, предложенного французской фирмой «SYSTRA». Данный подход позволяет дополнительно учитывать транзитный поток через Украину, распределить пассажиров по отдельным участкам пропорционально количеству населения городов, объединенных высокоскоростной магистралью, с учетом средней подвижности населения, времени поездки и коэффициента, который учитывает дополнительную частоту поездки пассажиров на заданном участке в зависимости от назначения (командировка, пересадка на самолет, отдых и т. д.). **Практическая значимость.** Учет вышеприведенных факторов повышает обоснованность управленческих решений, касающихся обеспечения эффективности функционирования высокоскоростных перевозок.

Ключевые слова: скоростное и высокоскоростное движение; высокоскоростные магистрали; топология магистралей; капитальные вложения; перевозки; инфраструктура; доходы от перевозок; затраты; прибыль

A. V. MOMOT^{1*}

^{1*}Dep. «Account, Audit, and Intellectual Property», Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan, Lazaryan St. 2, Dnipropetrovsk, Ukraine, 49010, tel. +38 (093) 934 18 03, e-mail ubarash@mail.ru

TECHNICAL APPROACH TO THE EFFICIENCY DETERMINATION OF HIGH-SPEED TRAINS

Purpose. The aim of this article is to develop an approach and formulate arrangements concerning the definition of the economic appropriateness of high-speed movement implementation in Ukraine. **Methodology.** The economic feasibility for appropriateness of high-speed movement organization in Ukraine is an investment project, which involves step-by-step money investment into the construction. It will let get an annual profits from the passenger carriage. To solve such problems we use net present value, which UZ or newly created companies can get during the project realization and after its completion. **Findings.** Obtained studies can state the fact that the technical approach for full effectiveness definition of a construction and high-speed passenger trains service taking into account the cost of infrastructure, rolling stock, the impact of environmental factors, etc. was determined. **Originality.** We propose a scientific approach to determine the economic effectiveness of the construction and high-speed main lines service. It includes improved principles of defining the passenger traffic, the cost of high-speed rails construction, the number of rolling stock; optimizes income and expenditure calculations in the context of competitive advantages and the external factors impact on the company. A technical approach for the calculation of future traffic volumes along the high-speed line was improved. It differs essentially from the European one proposed by the French firm «SYSTRA», as it allows taking into account additional transit traffic through Ukraine. It helps to distribute the passengers on separate sections proportionally to the number of cities population, which are combined by high-speed main line, subject to the average population mobility, travel time and the coefficient that takes into account the frequency of additional passenger trips on a given section, depending on the purpose (business trip, transfer to a plane, recreation, etc). **Practical value.** The above mentioned factors records increase the validity of administrative decisions relating to ensuring the functioning of high-speed traffic effectiveness.

Keywords: high-speed traffic; high-speed main line; the topology of main lines; capital investments; transportations; infrastructure; incomes; expenses; profit

REFERENCES

1. Barash Yu. S., Korzhenevich I.P., Likhopek P.A. Sravneniye vidov transporta s uchetom ustoichivogo razvitiya obshchestva [Modes of transport comparison, taking into account the sustainable development of society]. *Visnyk Dnipropetrovskoho natsionalnoho universytetu zaliznychnoho transportu imeni akademika V. Lazariana* [Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan], 2009, issue 28, pp. 210-214.
2. Barash Yu.S., Pokotilov A.A., Charkina T.Yu. Teoretyko-metodychnyi pidkhid do vyznachennia konkurentosposobnosti posluh, shcho nadaiutsia pasazhyrskymy vydamy transportu [Theoretical and methodological approach to determining the competitiveness of services that are provided by passenger modes of transport]. *Visnyk Dnipropetrovskoho natsionalnoho universytetu zaliznychnoho transportu imeni akademika V. Lazariana* [Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan], 2011, issue 38, pp. 233-237.
3. Barash Yu.S. *Upravlinnia zaliznychnym transportom krainy* [Railway traffic administration]. Dnipropetrovsk, DNUZT Publ., 2006. 264 c.
4. Bosov A.A., Kirpa G.N. *Formirovaniye variantov ratsionalnoy seti liniy vysokoskorostnogo dvizheniya poyezdov v Ukraine* [Rational variants formation of line network of high-speed trains traffic in Ukraine]. Dnipropetrovsk, DNUZT Publ., 2004. 144 p.
5. Dikan V.L. *Obespecheniye konkurentosposobnosti predpriyatiya* [Promotion of undertaking competitiveness]. Kharkiv, Osnova Publ., 1995. 160 p.
6. *Zvitni dani Shvydkisnoi kompanii Ukrzaliznytsi za 2012-2013 roky* [Reported data of high-speed Ukrainian railways for 2012-2013]. Kyiv, Ukrzaliznytsia Publ., 2012.
7. Kirdina O.H. *Metodolohichni aspekty investytsiino-innovatsiynoho rozvytku zaliznychnoho kompleksu Ukrainy* [Methodological aspects of investment and innovative development of the railway sector in Ukraine]. Kharkiv, UkrDAZT Publ., 2011. 312 p.
8. *Kontseptsiiia vprovadzhennia shvydkisnogo rukhu pasazhyrskykh poizdiv na zaliznytsiakh Ukrainy v 2004-2015 rokakh* [The concept of high-speed passenger trains implementation on the Ukrainian railways in 2004-2015 years]. Kyiv, Derzh. admin. zalizn. transp. Ukrainy Publ., 2004. 43 p.
9. Momot A.V. *Metodychnyi pidkhid do vyznachennia ratsionalnykh shvydkosti rukhu pasazhyrskykh poizdiv ta ratsionalnykh zon yikh kursuvannia* [Technical approach to the definition of passenger trains traffic rational speed and rational sections of there using]. *Problemy ekonomiky transportu* [Problems of Transport Economics], 2013, issue 5, pp. 80-89.
10. *Nomenklatura vytrat z osnovnykh vydiv ekonomichnoi diialnosti zaliznychnoho transportu Ukrainy: Nakaz Ukrzaliznytsi* [Costs nomenclature upon main economic activities of railway transport in Ukraine: Ukrainian Railway Decree]. Kyiv, Polihrafservis Publ., 2011. 448 p.
11. *Predvaritelnoye tekhniko-ekonomicheskoye obosnovaniye proyekta vysokoskorostnykh zheleznykh dorog v Ukraine* [Technical and economic pre-feasibility of the high-speed railways project in Ukraine]. Kyiv, «SYSTRA» Publ., 2002. 213 p.
12. Barash Yu.S., Charkina T.Yu., Meliantsova Yu.P., Karas O.O. *Pryntsypy vyznachennia efektyvnosti kursuvannia prymiskykh pasazhyrskykh poizdiv na zadanomu napriamku rukhu* [Principles for determining the effectiveness of suburban passenger trains running at a given direction]. *Visnyk Dnipropetrovskoho natsionalnoho universytetu zaliznychnoho transportu imeni akademika V. Lazariana* [Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan], 2012, issue 41, pp. 234-248.
13. *Prohramy ekonomichnykh reform na 2010-2014 roky : «Zamozhne suspilstvo, konkurentospromozhna ekonomika, efektyvna derzhava»* (Economic Reform Program for 2010-2014 : "Prosperous Society, Competitive Economy, Effective State"). 87 p. Available at: http://www.president.gov.ua/docs/Programa_reform_FINAL_1.pdf. (Accessed 05 November 2013).
14. *Rozrobka kontseptsii vprovadzhennia shvydkisnogo ta vysokoshvydkisnogo rukhu pasazhyrskykh poizdiv na zaliznytsiakh Ukrainy v 2005-2015 rokakh* [Development of concept implementation of high-speed passenger trains traffic on the Ukrainian railways in 2005-2015]. Dnipropetrovsk, DNUZT Publ., 2004. 170 p.
15. *Transportna stratehiia Ukrainy na period do 2020 roku: Rozporiadzhennia Kabinetu Ministriv Ukrainy* (Transport Strategy of Ukraine till 2012: Decree of Cabinet of Ministers in Ukraine). Available at: <http://zakon.rada.gov.ua>. (Accessed 05 November 2013).
16. Charkina T.Yu. *Doslidzhennia vplyvu zahalnoho terminu poizdky pasazhyra na dokhody transportnykh pidpriemstv* [The influence of the passenger's traveling total period on income of transport undertakings].

ЕКОНОМІКА ТА УПРАВЛІННЯ

- Visnyk ekonomiky transportu i promyslovosti* [Bulletin of Transport and Industry Economics], 2012, issue 39, pp. 180-183.
17. Charkina T.Yu. *Upravlinnia konkurentospromozhnistiu zaliznychnykh pasazhyrskykh perevezen na rynku transportnykh posluh*. Avtoreferat Diss. [Management of competitiveness of rail passenger services in the transport market. Author's abstract.]. Kharkiv, 2013. 22 p.
 18. Charkina T.Yu. *Usovershenstvovaniye printsipov upravleniya konkurentosposobnostyu passazhirskikh perevozok* [Improving governance principles competitiveness passenger]. *Sovremennyy nauchnyy vestnik. Seriya: Ekonomicheskiye nauki – Modern Scientific Bulletin. Series: Economics*, 2012, no. 16 (128), pp. 97-108.
 19. Peter B. *Railway Reform in Germany: Restructuring, Service Contracts, and Infrastructure Charges*. Doct. Diss. Berlin, 2008. 236 p. Available at: <http://opus4.kobv.de/opus4-tuberlin/frontdoor/index/index/docId/1783>. (Accessed 05 November 2013).
 20. *Road and Rail Freight Infrastructure Pricing*. Productivity Commission Inquiry Report, 2006, no. 41. Available at: http://www.ecotransit.org.au/ets/files/freight_productivitycomm_dec2006.pdf. (Accessed 05 November 2013).
 21. *Rail infrastructure pricing: principles and practice*. 2003. Report 109. Available at: http://bitre.gov.au/publications/2003/files/report_109.pdf. (Accessed 05 November 2013).

Стаття рекомендована до публікації д.е.н., проф. Ю. С. Барашем (Україна); д.е.н., доц. О. В. Каховською (Україна)

Надійшла до редколегії 10.10.2013

Прийнята до друку 04.11.2013

ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ

УДК 629.42.016.12

Б. Є. БОДНАР¹, М. І. КАПІЦА², Д. М. КИСЛИЙ^{3*}

¹Каф. «Локомотиви», Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка
В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, Дніпропетровськ, Україна, 49010, тел. +38 (0562) 33 19 61

²Каф. «Локомотиви», Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка
В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, Дніпропетровськ, Україна, 49010, тел. +38 (0562) 33 19 61, ел. пошта m.i.kapica@ua.fm

^{3*}Каф. «Локомотиви», Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка
В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, Дніпропетровськ, Україна, 49010, тел. +38 (066) 625 18 59, ел. пошта dmitriyakis@i.ua

ВИЗНАЧЕННЯ СИЛИ ТЯГИ ЛОКОМОТИВА З УРАХУВАННЯМ НЕРІВНОМІРНОСТІ НАВАНТАЖЕННЯ КОЛІСНО-МОТОРНИХ БЛОКІВ

Мета. У статті розглянуто найбільш поширені способи визначення сили тяги локомотива. Рішення задач тягових розрахунків передбачає визначення сил, що діють на поїзд у кожній точці шляху. При виборі раціональних траєкторій руху поїзда й при розробці режимних карт ведення поїзда необхідно визначати фактичне значення сили тяги локомотива. З урахуванням різних факторів, значення потужності ТЕД локомотива можуть мати значну різницю. Метою є вдосконалення системи оперативного визначення сили тяги локомотива при тягових розрахунках по електричним параметрам ТЕД за рахунок урахування нерівномірності навантаження КМБ. **Методика.** Запропоновано методику визначення сили тяги електровозів та тепловозів з електричною передачею, в основу якої покладено отримання первинних даних про режим роботи тягових електричних двигунів постійного струму. Наведено датчики й схему їх включення в електричну схему тепловоза для отримання даних у цифровому вигляді та оперативного розрахунку режиму роботи кожного тягового електродвигуна, а також визначення сили тяги локомотива. **Результати.** Проведено експериментальне дослідження системи визначення сили тяги на тяговому електродвигуні ЕД-105. Проведено порівняння електричної та механічної потужностей електродвигуна. **Наукова новизна.** Запропонована система оперативного визначення сили тяги локомотивів, яка враховує змінні електро-механічні фактори колісно-моторних блоків та збільшує точність розрахунків. **Практична значимість.** Система є складовою частиною бортового комплексу визначення енергоефективних режимів ведення поїздів та забезпечує визначення прискорюючих та сповільнюючих сил.

Ключові слова: тягові розрахунки; тягові електричні машини; сила тяги; момент обертання; частота обертання; магнітний потік; електрична потужність; механічна потужність

Вступ

Розв'язання задач тягових розрахунків передбачає визначення сил, що діють на поїзд у кожній точці шляху. Від рівнодіючої сил тяги та опору з урахуванням ухилу профілю колії залежить траєкторія руху поїзда.

У тягових розрахунках згідно з класичною теорією передбачається, що в режимі тяги ло-

комотив реалізує максимальну потужність, тобто сила тяги визначається з тягової характеристики за обмеженням сили тяги за зчепленням коліс з рейками та на максимальній позиції контролера машиніста на автоматичній частині тягової характеристики. У цьому випадку дотична сила тяги локомотива є функцією швидкості руху

ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ

$$F_d = f(V). \quad (1)$$

На підставі [5] сили опору руху поїзда W також є функцією швидкості

$$W = f(V). \quad (2)$$

У розрахунках враховуються лише сили основного опору руху, а також опір від ухилу колії, що вносить значну похибку під час використання такої моделі на практиці.

У практичних тягових розрахунках, які використовуються для проектування систем автоматичного ведення [6, 8, 12], а також у розрахунках з визначення раціональних траєкторій ведення поїзда [2] виникає необхідність обчислення сили тяги тягового рухомого складу (ТРС) як залежності від потужності локомотива

$$F_d = f(P). \quad (3)$$

Потужність ТРС характеризується механічною потужністю силової установки (дизеля) для тепловозів та електричною потужністю, що передається контактною мережею, для електровозів. Кожному колісно-моторному блоку (КМБ) передається рівна частина потужності з урахуванням ККД передачі локомотива.

Залежно від різних факторів, таких як різні опори паралельних кіл тягових електродвигунів (ТЕД), неоднакове налаштування ТЕД, резисторів ослаблення поля, перехідного опору контактних груп електроапаратів та ін., фактичні значення потужності ТЕД локомотива можуть значно відрізнятися.

В умовах експлуатації виникають відхилення діаметрів бандажів локомотива, що впливає на характеристики тягових двигунів, включених у паралельні кола. Це призводить до порушення рівномірного розподілу струмів між цими ТЕД. Залежно від відхилення діаметрів бандажів колісних пар ТРС, розбіжність струмів у паралельних колах ТЕД може сягати більше ніж 200 А при значному навантаженні [1].

Згідно з Інструкцією із середнього й капітального ремонту електровозів та тепловозів різниця між швидкісними характеристиками КМБ одного локомотива може становити 3 %.

Сумарна різниця потужності ТЕД одного локомотива в експлуатації, а у свою чергу і сила тяги КМБ, з урахуванням вищенаведених факторів може мати досить високе значення.

Під час вибору раціональних траєкторій руху поїзда та розробки режимних карт ведення поїзда необхідно враховувати ці відхилення, тому що стосовно контролера машиніста ця величина може становити 3–4 позиції [1].

У програмно-відстежувальних системах автоведення [4, 6, 8] та системах реєстрації режимів роботи локомотива визначення сили тяги відбувається безперервно (дискретно) вимірюванням параметрів струму, напруги, зусилля на автозчепі тощо.

Одним із способів визначення потужності КМБ є розрахунок електричної потужності тягового електродвигуна з урахуванням його ККД та ККД тягового редуктора

$$P = U I \eta_{\text{тед}} \eta_{\text{ред}}. \quad (4)$$

Для отримання сили тяги необхідно відстежувати поточне значення швидкості V

$$F = 3,6 \frac{P}{V}. \quad (5)$$

Недолік цього методу в тому, що значення ККД та навантаженість КМБ локомотива відрізняються, що вносить похибку в розрахунки.

Наступний метод базується на електротягових характеристиках КМБ локомотива (рис. 1).

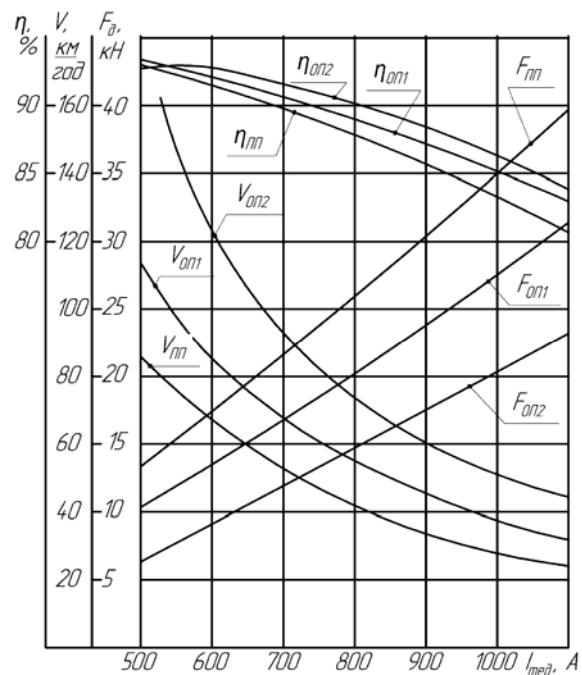


Рис. 1. Електротягові характеристики тягового електродвигуна

ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ

Параметром, що реєструється, є струм ТЕД. Сила тяги визначається аналітично через перерахунок електротягових характеристик КМБ. При цьому значення сили тяги є функцією одного аргументу

$$F = f(I_{\text{тед}}). \quad (6)$$

Існує метод розрахунку сили тяги з використанням характеристик намагнічування ТЕД [3] (рис. 2)

$$C\Phi = f(I_{\text{тед}}). \quad (7)$$

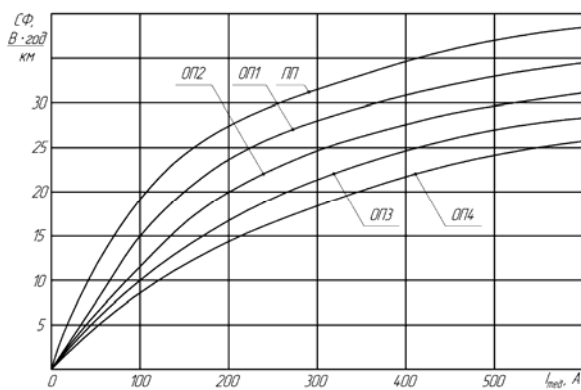


Рис. 2. Характеристики намагнічування ТЕД типу НБ-406 електровоза серії ВЛ8

Цей метод не враховує неточності налаштування ослаблення поля ТЕД та відхилень переходного опору групових перемикачів. Він є досить точним, але виникає необхідність вимірювання струму та напруги кожного електродвигуна.

Метод визначення сили тяги локомотива шляхом реєстрації зусилля на автозчепі (рис. 3) передбачає розв'язання задачі механіки та знаходження вектора сили тяги. Складність методу полягає в таруванні тензодатчиків розтягнення–стиснення автозчепу, а тому використовується в лабораторних умовах. При цьому вимірюється безпосередньо рівнодіюча між дотичною силою тяги та силою опору складу. Для визначення числового значення сили тяги необхідно розраховувати повну силу опору [5].

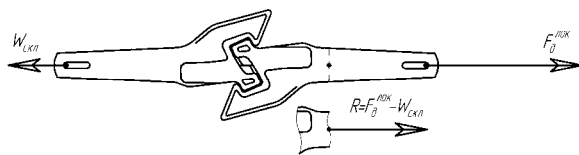


Рис. 3. Схема вимірювання зусилля на автозчепі

Як бачимо, у всіх вищенаведених методів можна виділити загальні недоліки: числове значення сили тяги визначається шляхом аналітичного перерахунку суміжних параметрів; ці методи не враховують різницю навантаження між окремо взятими КМБ, що передбачає виникнення похибки. При цьому необхідно взяти до уваги такий фактор, як складність встановлення датчиків реєстрації параметрів на ТРС.

Мета

Удосконалення системи оперативного визначення сили тяги локомотива в тягових розрахунках за електричними параметрами ТЕД з урахуванням нерівномірності навантаження КМБ, що дозволяє підвищити ефективність використання локомотивів.

Методика

Значна кількість локомотивів у експлуатації має тягові двигуни постійного струму. Робота таких двигунів характеризується частотою та моментом обертання вала якоря.

Момент обертання в ТЕД виникає в результаті проходження провідників зі струмом, вкладених у пазах якоря в магнітному полі, що створюється основними полюсами двигуна. Він залежить від величини магнітного потоку та сили струму, що проходить по обмотках якоря та визначається за формулою

$$M = C_m I_{\text{я}} \Phi_3, \quad (8)$$

де C_m – постійний коефіцієнт, який враховує кількість пар полюсів, кількість витків якоря та інші параметри даного електродвигуна.

Частота обертання якоря ТЕД – функціональна залежність, що пропорційна ЕРС двигуна та оберненопропорційна магнітному потоку

$$n = \frac{E}{C_e \Phi_3}, \quad (9)$$

де C_e – постійний для даного електродвигуна коефіцієнт, що залежить від діаметра якоря, кількості провідників обмотки та інших конструктивних особливостей двигуна.

З урахуванням того що

$$E = U - I_{\text{я}} r_{\text{я}}; \quad (10)$$

ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ

$$n = \frac{U - I_{\text{я}} r_{\text{я}}}{C_{\text{е}} \Phi_3} \quad (11)$$

На локомотивах застосовуються ТЕД послідовного збудження з декількома ступенями ослаблення поля. Струм, що проходить через обмотку збудження, дорівнює або пропорційний струму якоря.

Магнітний потік Φ_3 , що створюється основними полюсами електродвигуна, визначається за формулою

$$\Phi_3 = B l \tau, \quad (12)$$

де τ – полюсна дуга, тобто зона дії пари полюсів.

$$\tau = \frac{\pi D_{\text{я}}}{2p} \quad (13)$$

Сила намагнічування полюсів дорівнює сумі магнітних напружень на ділянках магнітного кола та сили розмагнічування якоря

$$\Sigma F_3 = \Sigma H_i \cdot l_i + F'_{\text{ря}} \quad (14)$$

та залежить від кількості витків W обмотки полюса та струму, що проходить по них.

$$\Sigma F_3 = I_3 W \quad (15)$$

Під час роботи машини змінним параметром є струм збудження. Залежність магнітного потоку машини від намагнічувальної сили або струму має нелінійний характер (рис. 3, 4). До того ж намагнічувальна характеристика холостого ходу та навантажувальна характеристика мають розбіжність за рахунок розмагнічувальної сили якоря (див. рис. 4).

Для розрахунку потужності ТЕД як функції частоти обертання та моменту

$$P = f(n, M) \quad (15)$$

пропонуємо використовувати числові значення змінних виразів (8) та (11), що отримуються датчиками під час роботи машини.

Для вимірювання струму двигуна доцільно використовувати датчик Холла, що розташований в перерізі феритового кільця на силовому кабелі ТЕД (рис. 5). Використання такого датчика забезпечує гальванічну розв'язку електричного кола.

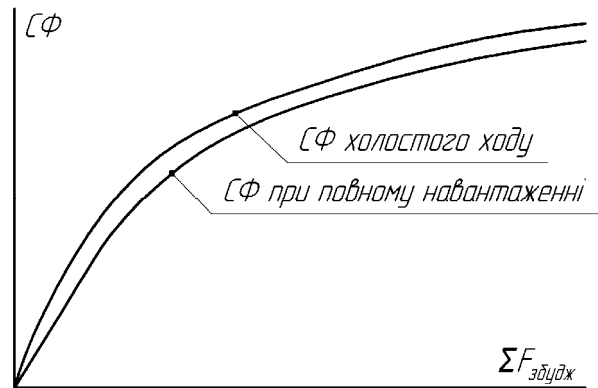


Рис. 4. Намагнічувальні характеристики ТЕД

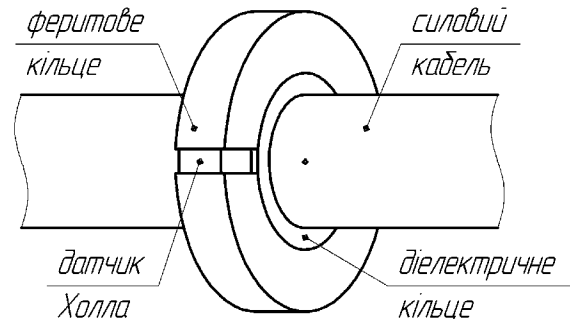


Рис. 5. Встановлення датчика струму

Напругу двигуна доцільно вимірювати оптронним датчиком з фототранзистором, встановленим у паралельне коло якоря електродвигуна через високоомний резистор (рис. 6) [14].

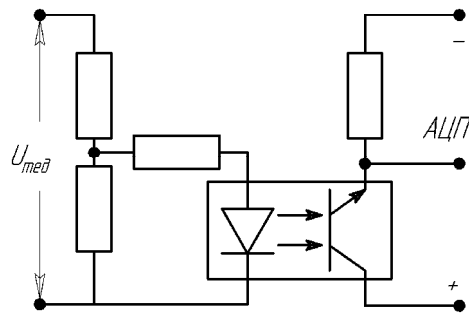


Рис. 6. Схема вимірювання напруги ТЕД

Для компенсації коливань напруги за період коливаний T або під час розрахунку постійної пульсуючої напруги доцільно розрахувати середньоквадратичне значення від миттєвого значення функції [7]

$$U = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T u^2(t) dt} \quad (16)$$

ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ

Для визначення магнітного потоку запропоновано використовувати датчик Холла з відповідним діапазоном вимірювання магнітної індукції. Датчик встановлюється над основним полюсом електродвигуна (рис. 7) та реагує на магнітний потік розсіювання над основним полюсом, який пропорційний основному магнітному потоку. Встановлення датчика звільняє від необхідності вимірювання струму збудження та аналітичного визначення намагнічувальної сили якоря. Датчик магнітного потоку дозволяє враховувати перехідні режими роботи ТЕД, що досить складно зробити в розрахунках магнітного потоку машини лише при вимірюванні струму збудження. До того ж він дає можливість визначити напрям магнітного потоку, тобто напрям обертання якоря ТЕД.

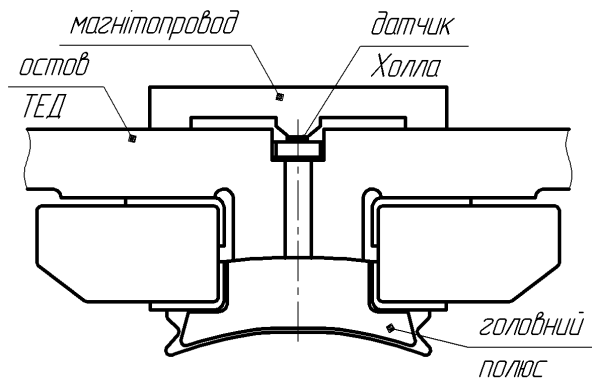


Рис. 7. Встановлення датчика магнітного потоку

Контроль навантаження ТЕД у паралельних електричних колах на тепловозі [9] та при груповому послідовному включенні ТЕД на електровозі [11] доцільно відстежувати вищенаведеними датчиками. Схема розташування датчиків на секції тепловоза серії 2ТЭ116 та канали передачі сигналів наведені на рис. 8.

Опитування вищевказаних датчиків необхідно виконувати з інтервалом часу 1 с. Отримані первинні дані необхідно перетворювати в цифровий формат високорозрядним аналогово-цифровим перетворювачем [10] та передавати через безпроводний канал зв'язку [13] на блок операційного обчислення.

Сила тяги секції тепловоза визначається як сума сил тяги КМБ, включених у паралельних електричних колах. Це значно зменшить похибку порівняно з розрахунками сили тяги локомотива за параметрами одного КМБ.

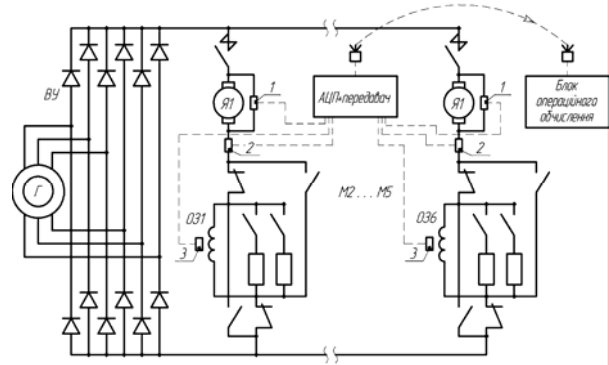


Рис. 8. Схема розташування датчиків на секції тепловоза серії 2ТЭ116:

1 – датчик напруги; 2 – датчик струму; 3 – датчик магнітного потоку

Результати

Випробування системи визначення сили тяги виконано на тяговому електродвигуні типу ЭД-105. Отримані первинні дані струму, напруги та магнітного потоку основних полюсів у інтервалі часу 0...240 с наведено на рис. 9. Регулювання електродвигуна здійснювалося шляхом зміни опору реостата, включеного послідовно із застосуванням ослаблення збудження.

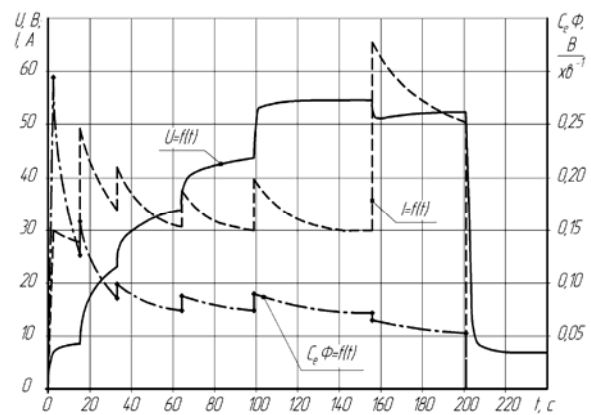


Рис. 9. Напруга, струм та магнітний потік ТЕД

Частота обертання та момент на валу якоря визначено за формулами (8) та (11). Результати наведено на рис. 10.

Виконано порівняння електричної та механічної потужностей (рис. 11). Визначено, що розбіжність значення електричної та механічної потужностей КМБ має несталий характер.

ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ

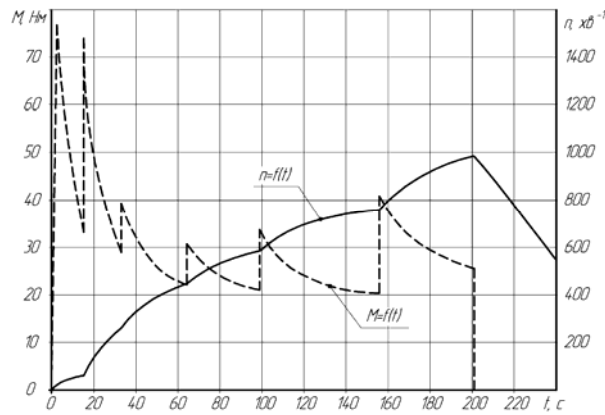


Рис. 10. Обортовий момент та частота обертання вала якоря ТЕД

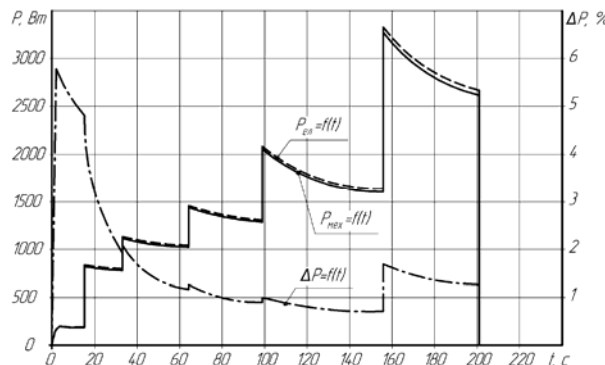


Рис. 11. Порівняння електричної та механічної потужностей ТЕД

Наукова новизна та практична значимість

Сила тяги локомотива визначається на тягових електродвигунах шляхом реєстрації параметрів, що безпосередньо створюють момент обертання колісних пар. Числові значення сили тяги можна знайти за наведеним алгоритмом.

У системах визначення енергоефективних режимів ведення поїздів при розробці режимних карт є необхідність врахування прискорювальних та сповільнювальних зусиль. Наведена система дозволяє оперативно отримувати значення сили тяги та сили гальмування поїзда.

Висновки

Проаналізовано фактори, що викликають нерівномірність навантаження ТЕД тягового рухомого складу. При аналізі методів визначення сили тяги локомотива виявлено недоліки, що призводять до похибки при її визначенні.

Запропонована система технічних рішень для визначення сили тяги локомотива з урахуванням розбіжностей у силі тяги КМБ, що дозволяє підвищити ефективність використання локомотивів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бобринский, С. В. Анализ влияния разницы диаметров бандажей колесных пар на разброс токов в параллельных цепях тяговых электродвигателей и на надежность локомотива / С. В. Бобринский // Трансп. Урала. – 2009. – № 4. – С. 50–52.
2. Бобырь, Д. В. Усовершенствование режимов ведения грузового поезда с электрической тягой : дис. ... канд. техн. наук : 05.22.07 / Бобырь Дмитрий Валерьевич ; Дніпропетр. нац. ун-т заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Д., 2007. – 190 с.
3. Висин, Н. Г. Результаты исследований по повышению надежности работы системы автоматического управления в режимах тяги и рекуперативно-реостатного торможения на электропоездах ЭР2Т / Н. Г. Висин, Б. Т. Власенко, С. А. Соколов // Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Д., 2007. – Вип. 17. – С. 55–58.
4. Перевезенцев, Е. А. Составы ведут «Автомашинисты» / Е. А. Перевезенцев, А. И. Шемановский // Локомотив. – 2005. – Вип. 6. – С. 15–17.
5. Правила тяговых расчетов для поездной работы. – М. : Транспорт, 1985. – 287 с.
6. Пястик, М. Системы автоматического ведения поезда / М. Пястик, Е. Толстов, И. Случак // Современные технологии автоматизации. – М., 2000. – Вип. 4. – С. 60–69.
7. Саблин, О. И. Система электрической тяги постоянного тока – система непостоянного тока / О. И. Саблин // Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Д., 2007. – Вип. 14. – С. 67–71.
8. Системы автоведения, регистрации параметров движения и работы тягового подвижного состава. Обзорное пособие. – М. : ООО «АВП Технология», 2011. – 96 с.
9. Тепловоз 2ТЭ116 / С. П. Филонов, А. И. Гиба-лов, Е. А. Никитин и др. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Транспорт, 1996. – 334 с.
10. Устименко, Д. В. Сучасні мікроконтролери в схемах рухомого складу / Д. В. Устименко // Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Д., 2007. – Вип. 15. – С. 47–49.

ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ

11. Электровоз ВЛ11^М. Руководство по эксплуатации. – М. : Транспорт, 1994. – 416 с.
12. Mahyar, V. Traction-Motor Power Ratio and Speed Trajectory Optimization for Power Split PHEVs Using Route Information / V. Mahyar, T. Amir, L. Nasser // Intern. Mechanical Engineering Congress and Exposition. Vol. 11 : Transportation Systems. – Houston, 2012. – P. 301–308.
13. Peter, W. An Ensemble Empirical Mode Decomposition-Based Lossy Signal Compression Method for a Remote and Wireless Bearing Condition Monitoring System / W. Peter // Intern. Design Engineering Techn. Conf. and Computers and Information in Engineering Conf. Vol. 1 : 24th Conf. on Mechanical Vibration and Noise. Parts A and B. – Illinois, 2012. – P. 151–158.
14. Torben, O. Control of Oscillations in Electrically Driven Skid Steer Vehicles / O. Torben // Intern. Mechanical Engineering Congress and Exposition. Design Engineering. – Washington, DC, 2009. – P. 17–23.

Б. Е. БОДНАР¹, М. И. КАПИЦА², Д. Н. КИСЛЫЙ^{3*}

¹Каф. «Локомотивы», Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, Днепропетровск, Украина, 49010, тел. +38 (0562) 33 19 61

²Каф. «Локомотивы», Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, Днепропетровск, Украина, 49010, тел. +38 (0562) 33 19 61, эл. почта m.i.kapica@ua.fm

^{3*}Каф. «Локомотивы», Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, Днепропетровск, Украина, 49010, тел. +38 (066) 625 18 59, эл. почта dmitriy.kis@i.ua

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СИЛЫ ТЯГИ ЛОКОМОТИВА С УЧЕТОМ НЕРАВНОМЕРНОСТИ НАГРУЗКИ КОЛЕСНО-МОТОРНЫХ БЛОКОВ

Цель. В статье рассмотрены наиболее распространенные способы определения силы тяги локомотива. Решение задач тяговых расчетов предусматривает определение сил, действующих на поезд в каждой точке пути. При выборе рациональных траекторий движения поезда и при разработке режимных карт ведения поезда необходимо определять фактическое значение силы тяги локомотива. С учетом различных факторов значения мощности ТЭД локомотива могут иметь значительные отличия. Целью является совершенствование системы оперативного определения силы тяги локомотива при тяговых расчетах по электрическим параметрам ТЭД за счет учета неравномерности нагрузки КМБ. **Методика.** Предложена методика определения силы тяги электровозов и тепловозов с электрической передачей, в основу которой положено получение первичных данных о режиме работы тяговых электродвигателей постоянного тока. Приведены датчики и схема их включения в электрическую схему тепловоза для получения данных в цифровом виде и оперативного расчета режима работы каждого тягового электродвигателя, а также определения силы тяги локомотива. **Результаты.** Проведено экспериментальное исследование системы определения силы тяги на тяговом электродвигателе ЭД–105. Проведено сравнение электрической и механической мощностей электродвигателя. **Научная новизна.** Предложена система оперативного определения силы тяги локомотивов, которая учитывает переменные электро-механические факторы колесно-моторных блоков и увеличивает точность расчетов. **Практическая значимость.** Система является составной частью бортового комплекса определения энергоэффективных режимов ведения поездов и обеспечивает определение ускоряющих и замедляющих сил.

Ключевые слова: тяговые расчеты; тяговые электрические машины; сила тяги; момент вращения; частота вращения; магнитный поток; электрическая мощность; механическая мощность

B. YE. BODNAR¹, M. I. KAPITSA², D. N. KYSLYI^{3*}¹Dep. «Locomotives», Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan, Lazaryan St., 2, Dnipropetrovsk, Ukraine, 49010, tel. +38 (0562) 33 19 61²Dep. «Locomotives», Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan, Lazaryan St., 2, Dnipropetrovsk, Ukraine, 49010, tel. +38 (0562) 33 19 61, e-mail m.i.capica@ua.fm^{3*}Dep. «Locomotives», Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan, Lazaryan St., 2, Dnipropetrovsk, Ukraine, 49010, tel. +38 (066) 625 18 59, e-mail dmitriy.kis@i.ua

DEFINITION OF LOCOMOTIVE TRACTION FORCE WITH REGARD TO UNEVEN LOADING OF WHEEL-MOTOR BLOCK

Purpose. The article describes the most common methods for determining the locomotive traction force. Solving the tasks of traction calculations involves determination of the forces influencing the train at every point of the way. When choosing a rational trajectory of the train motion and the development of operational regulations of train driving it is necessary to determine the actual value of the locomotive traction force. Considering various factors, power value of traction electric motor of locomotive may have significant differences. Advancement of the operational definition system of the locomotive traction force during the calculations by electrical parameters of traction electric motor with regard to uneven load of wheel-motor block is the purpose of the article. **Methodology.** The method of determining the traction force of locomotives and diesel locomotives with electric transmission, which is based on primary data acquisition of traction electric engines of direct current behavior, was proposed. Sensors and their integration into the electrical circuitry of the locomotive in order to get the data in digital form and for operational calculation of the each traction motor mode and the definition of locomotive traction force are presented. **Findings.** The experimental investigation of the system of locomotive traction force determination with the electric traction motor ED-105 was offered. A comparison of electrical and mechanical power of the electric motor was conducted. **Originality.** The system of locomotives power operational definition, which takes into account the variable electro-mechanical factors of wheel and motor blocks and increases the accuracy of the calculations, was proposed. **Practical value.** The system is a part of an onboard complex in definition of energy-efficient regimes for trains movement and provides the definition of accelerating and decelerating forces.

Keywords: traction calculations; traction electric machines; traction force; torque; rotational speed; magnetic flux; electrical power; mechanical power

REFERENCES

1. Bobrinskiy S.V. Analiz vliyaniya raznitsy diametrov bandazhey kolesnykh par na razbros tokov v parallelnykh tsepyakh tyagovykh elektrodvigately i na nadezhnost lokomotiva [Influence analysis of the difference in diameters of wheelsets bandages on the currents spread in parallel circuits of traction motors and the reliability of the locomotive]. *Transport Urala – Ural Transport*, 2009, no. 4, pp. 50-52.
2. Bobyr D.V. *Usovershenstvovaniye rezhimov vedeniya gruzovogo poyezda s elektricheskoy tyagoy*. Kand. Dis. [Improvement of regimes for freight trains with electric traction. Cand. Diss.]. Dnipropetrovsk, 2007. 190 p.
3. Visin N.G., Vlasenko B.T., Sokolov S.A. Rezultaty issledovaniy po povysheniyu nadezhnosti raboty sistemy avtomaticheskogo upravleniya v rezhimakh tyagi i rekuperativno-reostatnogo tormozheniya na elektropoyezdakh ER2T [Research results on improvement of automatic control system reliability in the traction mode, regenerative and rheostatic braking on ER2T trains]. *Visnyk Dnipropetrovskoho natsionalnoho universytetu zaliznychnoho transportu imeni akademika V. Lazaryana* [Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan], 2007, issue 17, pp. 55-58.
4. Perevezentsev Ye.A., Shemanovskiy A.I. Sostavy vedut «Avtomashinisty» [«Automatic train drivers» drive the trains]. *Lokomotiv – Locomotive*, 2005, issue 6, pp. 15-17.
5. *Pravila tyagovykh raschetov dlya poyezdnoy raboty* [Rules of traction calculations for train operation]. Moscow, Transport Publ., 287 p.
6. Pyasik M., Tolstov Ye., Sluchak I. Sistemy avtomaticheskogo vedeniya poyezda [Automatic train driving systems]. *Sovremennyye tekhnologii avtomatizatsii – Modern automation technologies*, 2000, issue 4, pp. 60-69.
7. Sablin O.I. Sistema elektricheskoy tyagi postoyannogo toka – sistema nepostoyannogo toka [The system of direct current electric traction is a system of non-direct current system]. *Visnyk Dnipropetrovskoho natsionalnoho universytetu zaliznychnoho transportu imeni akademika V. Lazaryana* [Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan], 2007, issue 14, pp. 67-71.

ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ

8. *Sistemy avtovedeniya, registratsii parametrov dvizheniya i raboty tyagovogo podvizhnogo sostava. Obzornoye posobiye* [System of automatic train operation, motion parameters recording and operation of traction rolling stock. Survey guide.]. Moscow, OOO «AVP Tekhnologiya» Publ., 2011. 96 p.
9. Filonov S.P., Gibalov A.I., Nikitin Ye.A. *Teplovoz 2TE116* [Diesel 2TE116]. Moscow, Transport Publ., 1996. 334 p.
10. Ustyomenko D.V. Suchasni mikrokontrolery v skhemakh rukhomoho skladu [Modern microcontrollers in the rolling stock schemes]. *Visnyk Dnipropetrovskoho natsionalnoho universytetu zaliznychnoho transportu imeni akademika V. Lazariana* [Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan], 2007, issue 15, pp. 47-49.
11. *Elektrovoz VL11^m. Rukovodstvo po ekspluatatsii* [Electric locomotive VL11^m Operations manual]. Moscow, Transport Publ., 1994. 416 p.
12. Mahyar V., Amir T., Nasser L. Traction-Motor Power Ratio and Speed Trajectory Optimization for Power Split PHEVs Using Route Information. Int. Mechanical Engineering Congress and Exposition. Vol. 11: Transportation Systems. Houston, 2012, pp. 301-308.
13. Peter W. An Ensemble Empirical Mode Decomposition-Based Lossy Signal Compression Method for a Remote and Wireless Bearing Condition Monitoring System. Int. Design Engineering Techn. Conf. and Computers and Information in Engineering Conf. Vol. 1: 24th Conf. on Mechanical Vibration and Noise. Parts A and B. Illinois, 2012, pp. 151-158.
14. Torben O. Control of Oscillations in Electrically Driven Skid Steer Vehicles. Int. Mechanical Engineering Congress and Exposition. Design Engineering. Washington, DC, 2009, pp. 17-23.

Стаття рекомендована до публікації д.т.н., проф. А. М. Мухомою (Україна); ВО начальника служби локомотивного господарства Придніпровської залізниці В. С. Любкою (Україна)

Прийнята до друку 20.09.2013

Надійшла в редколегію 07.11.2013

УДК 656.224.072.4:656.21

О. О. ОЗЕРОВА^{1*}

^{1*}Каф. «Управління експлуатаційною роботою», Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, Дніпропетровськ, Україна, 49010, тел. +38 (056) 373 15 70, ел. пошта helganga@mail.ru

ПРОГНОЗУВАННЯ ПАСАЖИРСЬКИХ ПОТОКІВ У ВЕЛИКИХ ТРАНСПОРТНИХ ВУЗЛАХ

Мета. Ефективна організація пасажирських перевезень за рахунок достовірності прогнозування пасажиропотоків у транспортних вузлах. Для визначення перспективних параметрів пасажирського транспорту загального користування необхідно проаналізувати вплив різних факторів та визначити найбільш впливові з них. **Методика.** У статті пропонується метод парної лінійної кореляції для визначення більш впливових факторів на перевезення пасажирів у внутрішньоміському та приміському сполученнях та можливості використання в прогнозуванні лінійних рівнянь регресії. Перевезення пасажирів транспортом загального користування та галузі матеріального виробництва взаємопов'язані. Вони проявляються в співвідношеннях обсягів перевезених пасажирів і виробництва продукції. **Результати.** Встановлено, що величина коефіцієнта кореляції перебуває в складній залежності від тривалості періоду ретроспективного аналізу. Оцінка достовірності коефіцієнтів кореляції й коефіцієнтів прогновної моделі дозволила зробити висновок, що найбільш точний прогноз пасажирських потоків, що забезпечує облік змін в Україні впродовж трансформаційного періоду, дає чисельність населення. **Наукова новизна.** Отримано рівняння залежностей від впливу макроекономічних показників та виконана оцінка достовірності отриманих результатів. **Практична значимість.** Результати аналізу та розрахунків, встановлені автором, дозволяють робити короткострокове прогнозування пасажиропотоку.

Ключові слова: прогнозування; приміські перевезення; внутрішньоміські перевезення; валовий внутрішній продукт; динаміка зміни населення; коефіцієнт кореляції

Вступ

У сучасних умовах для освоєння постійно змінних пасажиропотоків у великих містах ефективним є комплексний розвиток і взаємодія всіх видів транспорту, які мають працювати в оптимальному режимі. Для забезпечення такого режиму й отримання максимальної економічної ефективності необхідно прогнозувати пасажиропотоки [11–13]. Аналіз і прогноз пасажирських перевезень є важливим питанням стратегічного управління перевезеннями, яке дозволить вирішити низку завдань та удосконалити транспортні пасажирські системи великих міст [1].

Аналіз останніх наукових досліджень

Окремими завданнями цієї проблеми займалися такі вчені, як П. О. Яновський, Ф. П. Кочнев, З. Рюгер, Н. В. Правдін, В. Я. Негрей, В. С. Єфремов та ін., але основні методики сучасного прогнозування для українських міст нерозкриті.

Мета

Аналіз впливу політико-правових, економічних, соціальних, технологічних, технічних фак-

торів необхідний для визначення перспективних параметрів пасажирського транспорту загального користування. Обсяги перевезень пасажирів постійно змінюються, що зумовлює складність достовірного прогнозування транспортних потоків для ефективної організації пасажирських перевезень, тому в сучасних умовах прогнозування пасажиропотоку має вагомe значення для ефективної організації роботи транспорту, використання рухомого складу, вдосконалення технології роботи й технічного оснащення транспортних систем і забезпечення високоякісного обслуговування пасажирів.

Методика

Найбільша частка обсягів перевезень припадає на внутрішньоміські та приміські перевезення (рис. 1), тому для ефективної організації роботи транспорту важливе прогнозування саме цих сполучень.

Розвиток залізничного транспорту неможливий без розробки прогнозів. Поточні й перспективні програми розвитку будь-якої транспортної системи можуть бути реалізовані на практиці тільки за умови чіткого прогнозу-

ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ

вання розвитку всіх її підсистем. Для цього в умовах конкуренції в суспільстві завдання підвищення обґрунтованості прогнозів соціально-економічних процесів у державі й на їх підставі науково-технічного прогресу на транспорті набуває особливої актуальності [10].

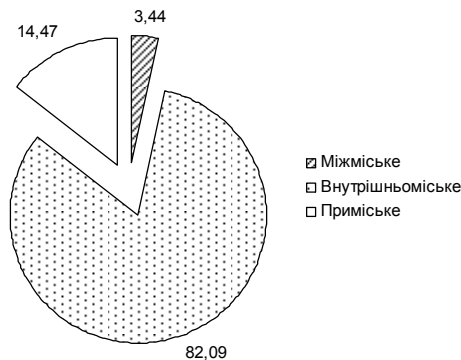


Рис. 1. Питома вага видів сполучення, %

З огляду на розвиток економічних процесів у країні потрібні сучасні методи прогнозування транспортних потоків. Ця робота, завдяки аналізу досліджень [1–13], показує прогноз пасажиропотоку через адаптованість до сучасних вимог і наукову обґрунтованість та дає можливість виявити недоліки взаємодії видів транспорту у великих вузлах.

Питання взаємодії міського та приміського видів транспорту мають особливе значення в сучасних умовах через високий рівень конкуренції та появу приватних компаній-перевізників.

Попит на пасажирські перевезення визначається кількістю пасажирів, які бажають виконати поїздку будь-яким видом транспорту [9]. Потреби людей у переміщенні, як правило,

важкопередбачувані, тому планування, і зокрема прогнозування пасажирських перевезень, є одним із складних завдань на транспорті. Обсяги перевезених пасажирів різними видами транспорту показано на рис. 2.

У роботі використовується метод щільного розрахунку обсягу пасажироперевезень як рівнодіючої всіх впливів за наявності тісного кореляційного зв'язку між характеристиками транспортної мережі та імовірнісною поведінкою потенційних пасажирів під час вибору виду транспорту й прийняття інших транспортних рішень [5]. Розраховані величини коефіцієнтів кореляції показують ступінь щільності зв'язку між аналізованими показниками, що дає право прийняти ефективну модель прогнозу. Перевезення пасажирів транспортом загального користування та галузей матеріального виробництва взаємопов'язані та виявляються в співвідношеннях обсягів перевезених пасажирів та виробництва продукції.

Валовий внутрішній продукт (ВВП) є найважливішим макроекономічним показником оцінки функціонування економіки держави. Це пояснюється тим, що ВВП виражає сукупний продукт держави в ціновому виразі й всебічно оцінює її економічні результати. Динаміка кількісних показників роботи залізниць залежить від характеру економічних процесів і тенденцій змін ВВП [10]. Існує світова практика: під час розробки різноманітних програм розвитку й основ грошово-кредитної політики, доходів і витрат приймаються за основу темпи зміни ВВП, тому що саме вони дають повне уявлення про тенденції та напрямки економічного розвитку суспільства в цілому [3].

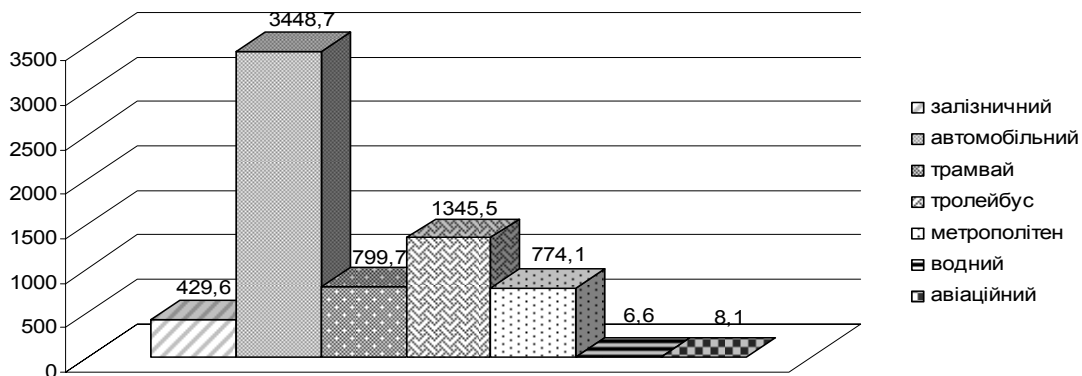


Рис. 2. Робота різних видів транспорту, млн пас. за рік

ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ

Однією з необхідних умов розвитку сучасної науки є застосування точних методів кількісного аналізу, широке використання математики. Досягнення у математиці та обчислювальній техніці все частіше застосовуються в наукових дослідженнях, плануванні, прогнозуванні. Цьому сприяє розвиток математичного програмування, теорії ігор, теорії масового обслуговування та удосконалення обчислювальної техніки [2].

Залежно від наявних даних прогнози пасажироперевезень виконують за двома схемами [4]:

1) на підставі закономірностей, встановлених у натурних обстеженнях пересувань населення;

2) на підставі побудови логічних теоретичних моделей пасажироперевезень, що відповідають наявним умовам.

У першому випадку знаходять кореляційні співвідношення між пасажироперевезеннями й визначальними факторами, які узгоджують із прогнозами зміни цих факторів у розглянутій перспективі. У другому випадку вважають, що пересування населення незалежні від історичного часу й підпорядковуються схемі, закладеній у моделі. Порівнюючи ці два напрямки, можна відзначити, що натурні обстеження пересувань населення потребують великих трудових витрат, та зате дають найбільш достовірні відомості на момент їх виконання. Для розв'язку завдань поточного планування й регулювання пасажироперевезень вони незамінні, але для прогнозування

їх розвитку, тим більше довгострокового, можуть бути недостатні, оскільки дають тільки фотографію існуючого стану. Водночас систематичні спеціальні натурні обстеження розкривають причинно-наслідкові зв'язки пасажироперевезень з чинниками, що їх визначають, і очікуваними напрямками розвитку в найближчій перспективі.

Результати

Для аналізу впливу економічних факторів зовнішнього середовища на функціонування транспорту загального користування було використано метод парної лінійної кореляції (табл. 1).

З табл. 1 видно, що на залізничний транспорт найбільший вплив чинить фактор чисельності населення, тому для визначення перспектив розвитку пасажирського транспорту важливо вивчити демографічний стан нашого суспільства. Задля майбутнього розвитку держави важливе стратегічне значення має людський чинник, на який впливає народжуваність, смертність, міграція та склад населення. Він відіграватиме важливу роль у визначенні напрямів удосконалення сфери транспортних послуг. За період ринкових перетворень відбулися незначні зрушення в демографічній ситуації, а в цілому вона не поліпшується [7]. Насамперед триває зменшення загальної кількості населення держави (з 52,1 млн осіб у 1992 р. до 45,5 млн осіб у 2012 р.).

Таблиця 1

Аналіз щільності зв'язку між факторами зовнішнього середовища та обсягами перевезених пасажирів за видами транспорту в Україні

Вид транспорту	Коефіцієнт кореляції						
	Рівень інфляції	Наявний дохід на одну особу	Чисельність населення	С/Г	ПВ	ВВП	Б
Транспорт (загалом)	0,312	– 0,272	0,528	– 0,119	0,333	– 0,128	0,934
Залізничний	0,159	– 0,570	0,888	– 0,738	– 0,377	– 0,804	0,107
Автомобільний	0,295	0,450	0,250	0,021	0,489	0,724	0,945
Трамвайний	0,226	– 0,637	0,644	– 0,387	– 0,118	– 0,751	0,537
Тролейбусний	0,183	– 0,649	0,645	– 0,474	– 0,295	– 0,793	0,313
Метрополітен	– 0,233	– 0,229	– 0,765	0,903	0,582	0,419	– 0,051
Водний	0,299	– 0,177	0,494	– 0,192	0,240	0,253	0,898
Авіаційний	– 0,105	0,443	– 0,240	0,811	0,555	0,973	0,944

Примітка. С/Г – сільське господарство; ПВ – промислове виробництво; Б – капітальне будівництво.

Таблиця 2

**Результати кореляційного аналізу статистичних даних з виявлення впливу макроекономічних
показників на співвідношення обсягів перевезень внутрішньоміського
до приміського сполучення**

Роки	Перевезено пасажирів, млн пас., у сполученні		Відношення обсягів перевезень $\alpha_{в/п}$	Кореляційні залежності				
	Внутрішньо- міське	Приміське		ДЗН	ВВП	Б	ПВ	С/Г
1990	11 301	3 219	3,511					
1995	4 923	1 678	2,934					
2000	6 452	1 174	5,496					
2003	6 414	1 119	5,732					
2004	6 651	1 141	5,829					
2005	6 860	1 114	6,158					
2006	6 889	1 126	6,118	– 0,857	– 0,726	– 0,332	0,401	0,826
2007	6 859	1 120	6,124					
2008	6 969	1 116	6,245					
2009	5 984	1 070	5,593					
2010	5 597	1 021	5,482					
2011	5 729	1 010	5,672					
2012	5 631	1 008	5,586					

А, млн. пас.

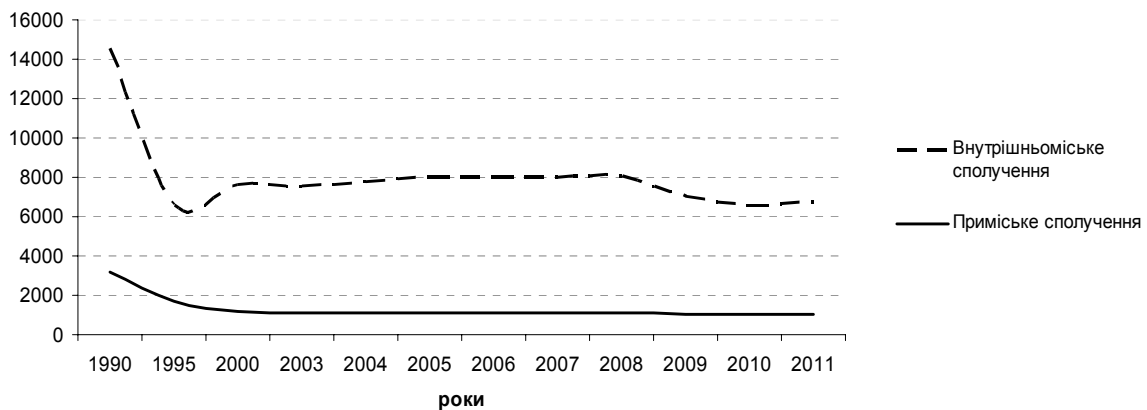


Рис. 3. Обсяги перевезених пасажирів транспортом загального користування
у внутрішньоміському та приміському сполученні

Залежність відношення обсягів перевезень внутрішньоміського до приміського сполучення ($\alpha_{в/п}$) та обсягів промислового виробництва, ВВП, сільського господарства, будівництва та динаміки зміни населення (ДЗН) відображено в табл. 2.

Для розробки прогнозів необхідно встановити кількісні співвідношення між обсягами перевезень у приміському та внутрішньомісь-

кому сполученні (рис. 4), залежність відношення обсягів перевезень внутрішньоміського до приміського сполучення ($\alpha_{в/п}$) та обсягів промислового виробництва, ВВП, сільського господарства, будівництва та динаміки приросту (зміни) населення було встановлено для розробки прогнозів, дані яких були взяті в Статистичному щорічнику України [8].

ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ

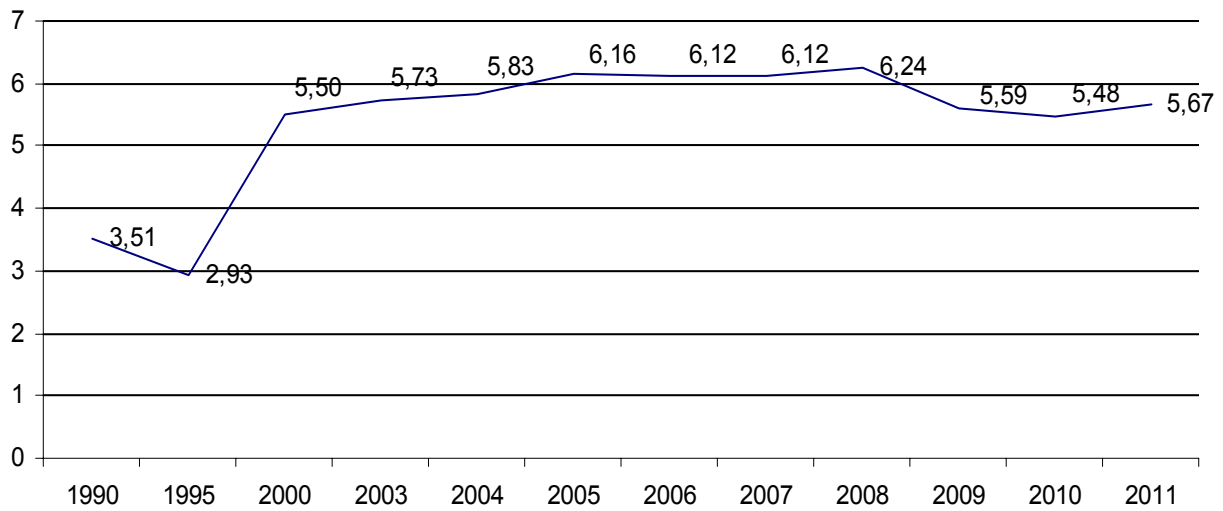


Рис. 4. Співвідношення «внутрішньоміське сполучення / приміське сполучення»

Таблиця 3

**Результати отриманих рівнянь залежностей та оцінка достовірності від впливу
макроекономічних показників**

Залежність співвідноше ння $\alpha_{в/п}$ до показників	Квадратична функція залежностей	Лінійне рівняння залежностей	Коефіцієнт кореляції (r)	Оцінка достовірності
ДЗН	$Y = -0,148X^2 + 13,947X - 322,536$	$y = -1,65x + 56,515$	-0,85707	10,66
С/Г	$Y = -0,024X^2 + 0,219X + 1,052$	$y = 12,25x - 25,649$	0,82631	4,56
ВВП	$Y = -4,678E - 06X^2 + 0,007X + 3,281$	$y = 179,33x - 381,5$	0,60257	2,88
ПВ	$Y = -1,798E - 05X^2 + 0,013X + 3,862$	$y = 22,874x + 38,074$	0,40147	1,41
Б	$Y = -0,0009X^2 + 0,079X + 4,429$	$y = -6,6202x + 64,168$	-0,33157	1,09

Результат виконання кореляційного аналізу статистичних даних з виявлення впливу макроекономічних показників (ВВП, ПВ, С/Г, Б, ДЗН) на співвідношення обсягів перевезень внутрішньоміського до приміського сполучення встановив сильний зв'язок між величиною $\alpha_{в/п}$ та динамікою зміни населення й сільським господарством (табл. 3).

Розраховані коефіцієнти кореляції вимірюють щільність зв'язку між показниками, що аналізувалися. Коефіцієнти кореляції змінюються залежно від даних за роками.

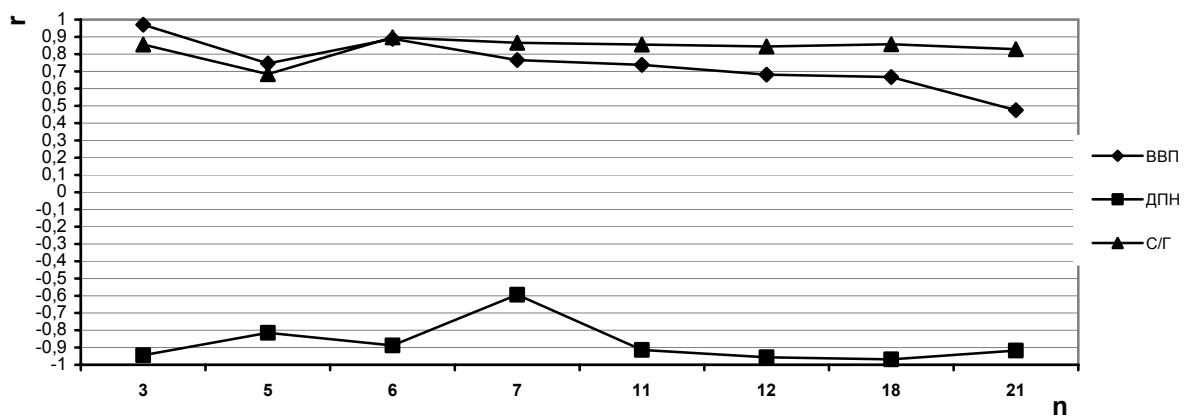
У роботі показники визначалися в період за такими роками: 1990, 1995, 2000, 2003–2011.

Розрахована оцінка достовірності коефіцієнта кореляції за кожним показником показала, що найбільш впливові ті фактори, значення яких більше трьох [6], тому реальний зв'язок існує між фактором відношення приміського сполучення до внутрішньоміського та факторами ВВП, ДЗН та С/Г, тому в табл. 4 розглядаються тільки ці показники.

Таблиця 4

Результат виконання кореляційного аналізу статистичних даних з виявлення зв'язку між показниками

Роки	Кількість спостережень n	Залежність від співвідношення $\alpha_{\text{вн}}$					
		ВВП		ДЗН		С/Г	
		Коеф. кореляції	Вид зв'язку	Коеф. кореляції	Вид зв'язку	Коеф. кореляції	Вид зв'язку
2003–2005	3	0,970691	Функціональний	– 0,94482	Сильний	0,855195	Сильний
2004–2008	5	0,746392	Середній	– 0,81429	Сильний	0,684268	Середній
1998–2003	6	0,888888	Сильний	– 0,88813	Сильний	0,896933	Сильний
1991–1997	7	0,765231	Середній	– 0,59419	Середній	0,865223	Сильний
1998–2008	11	0,737152	Середній	– 0,91374	Сильний	0,855034	Сильний
1991–2002	12	0,681016	Середній	– 0,95617	Функціональний	0,843783	Сильний
1991–2008	18	0,667511	Середній	– 0,96802	Функціональний	0,857301	Сильний
1991–2012	22	0,475012	Слабкий	– 0,91783	Сильний	0,828383	Сильний

Рис. 5. Залежність величин коефіцієнта r від кількості спостережень n

Наукова новизна та практична значимість

У табл. 4 наведено результати розрахунків коефіцієнтів кореляції r для різних випадків ретроспективного аналізу (різної кількості спостережень n). Аналогічні дані подано на рис. 5, де графічно зображено вплив кількості спостережень n на величину коефіцієнта r .

На підставі аналізу отриманих результатів можна зробити такі висновки щодо можливості використання в прогнозуванні лінійних рівнянь регресії:

– величина коефіцієнта кореляції r перебуває в складній залежності від кількості спостережень n (тривалості періоду ретроспективного аналізу);

ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ

– використання статистичних даних для ретроспективного аналізу за період часу, більший ніж 7 років, призводить до зменшення коефіцієнта кореляції r за показником ВВП, а за показником ДЗН навпаки зростає;

– найбільший зв'язок по показником ВВП (функціональний, $r = 0,970691$) при кількості спостережень $n = 3$; за ДЗН (функціональний зворотний, $r = -0,96802$) при кількості спостережень $n = 18$; за С/Г (сильний, $r = 0,896933$) при кількості спостережень $n = 6$. Тому неможливо сказати, за який саме період за всіма факторами одночасно потрібно застосовувати статистичні дані для встановлення зв'язку величин.

Висновки

Потреби людей у переміщенні, як правило, важко передбачувати, тому планування, а саме прогнозування пасажирських перевезень, є одним з найважливіших та найскладніших завдань на транспорті.

Оцінка достовірності коефіцієнтів кореляції і коефіцієнтів прогнозу моделі дозволила зробити висновок, що найбільш точний прогноз пасажирських потоків, що забезпечує урахування змін в Україні впродовж трансформаційного періоду, дає чисельність населення (коефіцієнт кореляції склав $-0,91783$).

Хаотичні зміни значень ВВП, обсягів сільського господарства, промислового виробництва, обсягу перевезених пасажирів та інших показників протягом тривалого періоду не дозволяють точно врахувати їх вплив на завантаження пасажирського транспорту за допомогою простих математичних рівнянь. Такі залежності можна використовувати лише для короткострокового прогнозування, інакше вони призведуть до значних похибок. Ефективна технологія прогнозування з використанням більш точних методів важлива в сучасних умовах перевезень пасажирів для економічного обґрунтування перспективної стратегії розвитку пасажирського транспорту з урахуванням складних реалій сучасного суспільства в умовах затяжної кризи.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Галабурда, В. Г. Единая транспортная система : учеб. для вузов / В. Г. Галабурда, В. А. Персианов, А. А. Тимошин. – М. : Транспорт, 2001. – 303 с.
2. Гольдштейн, Е. Г. Задачи линейного программирования транспортного типа : учеб. пособие / Е. Г. Гольдштейн. – М. : Наука, 1969. – 384 с.
3. Гончаров, М. Ю. Системный анализ экономических процессов на транспорте : учебник / М. Ю. Гончаров. – К. : Логос, 1999. – 423 с.
4. Дуднев, Д. И. Организация перевозок пассажиров автомобильным транспортом : учебник / Д. И. Дуднев, М. И. Климова, А. А. Менн. – М. : Транспорт, 1974. – 296 с.
5. Ефремов, П. С. Теория городских пассажирских перевозок : учеб. пособие / П. С. Ефремов, В. М. Кобзев, В. А. Юдин. – М. : Высш. школа, 1980. – 535 с.
6. Правдин, Н. В. Прогнозирование пассажирских потоков : учеб. пособие / Н. В. Правдин, В. Я. Негрей. – М. : Транспорт, 1980. – 222 с.
7. Принципи визначення ефективності курсування приміських пасажирських поїздів на заданому напрямку руху / Ю. С. Бараш, Т. Ю. Чаркіна, Ю. П. Мельянцова, Є. А. Карась // Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Д., 2012. – Вип. 41. – С. 234–247.
8. Статистичний щорічник України / Держ. служба статистики України. – К. : ТОВ «Август Трейд», 2012. – 559 с.
9. Харченко, В. Ф. К вопросу о выборе марки пассажирских транспортных средств для обслуживания городских маршрутов в условиях конкуренции на рынке автотранспортных услуг / В. Ф. Харченко, Е. Е. Вакуленко // Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Д., 2008. – Вип. 25. – С. 185–188.
10. Яновський, П. О. Прогнозування вантажних потоків транспортних систем за допомогою лінійної моделі / П. О. Яновський // Залізн. трансп. України. – 2011. – № 5. – С. 46–53.
11. Newman, P. Greening urban transportation / P. Newman, J. Kenworthy. – New York : State of the world, 2009. – 278 p.
12. Prediction passenger flows in major transportation hubs / School of public and environmental affairs. – Indiana : Indiana University, 2011. – 182 p.
13. Hubs of the future: An integrated mobility network for passengers and freight. – Munich : Siemens AG Infrastructure & Cities Sector Mobility and Logistics, 2011. – 22 p.

О. А. ОЗЕРОВА^{1*}

^{1*}Каф. «Управление эксплуатационной работой», Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, Днепропетровск, Украина, 49010, тел. +38 (056) 373 15 70, эл. почта helganga@mail.ru

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПАССАЖИРСКИХ ПОТОКОВ В КРУПНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ УЗЛАХ

Цель. Эффективная организация пассажирских перевозок за счет достоверности прогнозирования пассажиропотоков в транспортных узлах. Для определения перспективных параметров пассажирского транспорта общего пользования необходимо проанализировать влияние различных факторов и определить наиболее значимые из них. **Методика.** В статье предлагается метод парной линейной корреляции для определения более влиятельных факторов на перевозку пассажиров во внутригородском и пригородном сообщениях и возможности использования в прогнозировании линейных уравнений регрессии. Перевозки пассажиров транспортом общего пользования и отрасли материального производства взаимосвязаны. Они проявляются в соотношениях объемов перевезенных пассажиров и производства продукции. **Результаты.** Установлено, что величина коэффициента корреляции находится в сложной зависимости от продолжительности периода ретроспективного анализа. Оценка достоверности коэффициентов корреляции и коэффициентов прогнозной модели позволила сделать вывод, что наиболее точный прогноз пассажирских потоков, обеспечивающий учет изменений в Украине на протяжении трансформационного периода, дает численность населения. **Научная новизна.** Получены уравнения зависимостей от влияния макроэкономических показателей, а также выполнена оценка достоверности полученных результатов. **Практическая значимость.** Полученные результаты анализа и расчетов позволяют делать краткосрочное прогнозирование пассажиропотока.

Ключевые слова: прогнозирование; пригородные перевозки; внутригородские перевозки; валовой внутренний продукт; динамика изменения населения; коэффициент корреляции

О. О. OZEROVA^{1*}

^{1*}Dep. «Management of Operational Work», Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan, Lazaryan St., 2, Dnipropetrovsk, Ukraine, 49010, tel. +38 (056) 373 15 70, e-mail helganga@mail.ru

PASSENGER FLOWS PREDICTION IN MAJOR TRANSPORTATION HUBS

Purpose. An effective organization of passenger traffic, due to the reliability prediction of traffic flow in passenger transport hubs. In order to determine the parameters of prospective passenger transport areas it is essential to analyze the impact of various factors and determine the most influential ones. **Methodology.** The article presents the method of paired linear correlation for a more influential factors on passengers in intercity and commuter and possible use in predicting the linear regression equations. Passenger transport vessel areas and branches of industry are interconnected and are in the ratio of passengers and production. **Findings.** It is found that the coefficient of correlation is in complex dependence on the duration of the period of retrospective analysis. Evaluation of reliability correlation coefficients and coefficients of predictive models led to the conclusion that the population gives the most accurate prediction of passenger flows, providing account of changes in Ukraine during the period of transformation. **Originality.** Equations of dependence on the impact of macroeconomic indicators were obtained and the evaluation of the reliability results was received. **Practical value.** The results of analysis and calculations will make short-term forecasting of traffic flow.

Keywords: forecasting; commuter transportation; urban transport; gross domestic product; the dynamics of population change; the coefficient of correlation

REFERENCES

1. Galaburda V.G., Persianov V.A., Timoshin A.A. *Yedinaya transportnaya sistema* [United Transport System]. Moscow, Transport Publ., 2001. 303 p.
2. Goldshteyn Ye.G. *Zadachi lineynogo programmirovaniya transportnogo tipa* [Linear programming problems of a transport type]. Moscow, Nauka Publ., 1969. 384 p.
3. Honcharov M.Yu. *Systemnyi analiz ekonomichnykh protsesiv na transporti* [Systems analysis of economic processes in transport]. Kyiv, Lohos Publ., 1999. 423 p.
4. Dudniev D.I., Klymova M.I., Menn A.A. *Orhanizatsiia perevezen pasazhyriv avtomobilnym transportom* [Organization of passengers transportation by motor transport]. Moscow, Transport Publ., 1974. 296 p.
5. Yefremov V.S., Kobozev V.M., Yudin V.A. *Teoriia miskykh pasazhyrskykh perevezen* [Theory of urban passenger transportation]. Moscow, Vyshcha shkola Publ., 1980. 535 p.
6. Pravdin N.V., Negrey V.Ya. *Prognozirovaniye passazhirskikh potokov* [Prediction of traffic flows]. Moscow, Transport Publ., 1980. 222 p.
7. Barash Yu.S., Charkina T.Yu., Meliantsova Yu.P., Karas Ye.A. Pryntsypy vyznachennia efektyvnosti kursuvannia prymiskykh pasazhyrskykh poizdiv na zadanomu napriamku rukhu [Principles for determining the effectiveness of suburban passenger trains running at a given direction]. *Visnyk Dnipropetrovskoho natsionalnoho universytetu zaliznychnoho transportu imeni akademika V. Lazariana* [Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan], 2012, issue 41, pp. 234-247.
8. *Statystychnyi shchorichnyk Ukrainy* [Statistical Yearbook of Ukraine]. Kyiv, TOV «Avhust Treid» Publ., 2012. 559 p.
9. Kharchenko V.F., Vakulenko Ye.Ye. K voprosu o vybore marki passazhirskikh transportnykh sredstv dlya obsluzhivaniya gorodskikh marshrutov v usloviyakh konkurentsii na rynke avtotransportnykh uslug [To the question about passenger vehicles brand selection for urban routes maintenance in the competition conditions on a market of motor transportation services]. *Visnyk Dnipropetrovskoho natsionalnoho universytetu zaliznychnoho transportu imeni akademika V. Lazariana* [Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan], 2008, issue 25, pp. 185-188.
10. Yanovskyi P.O. Prohnozuvannia vantazhnykh potokiv transportnykh system za dopomohoiu liniinoi modeli [Freight flows of transport systems prediction using the linear model]. *Zaliznychnyi transport Ukrainy – Railway Transport in Ukraine*, 2011, no. 5, pp. 46-53.
11. Newman P., Kenworthy J. Greening urban transportation. New York, State of the world Publ., 2009. 278 p.
12. School of public and environmental affairs. Prediction passenger flows in major transportation hubs. Indiana, Indiana University Publ., 2011. 182 p.
13. Hubs of the future: An integrated mobility network for passengers and freight. Munich, Siemens AG Infrastructure & Cities Sector Mobility and Logistics Publ., 2011. 22 p.

Стаття рекомендована до публікації д.фіз.-мат.н., проф. В. І. Бобровським (Україна);
к.фіз.-мат.н., проф. П. А. Яновським (Україна)

Надійшла до редколегії 07.10.2013

Прийнята до друку 05.11.2013

МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО

УДК 669.14.018.25–032.36

И. В. АКИМОВ^{1*}

^{1*}Каф. «Технология металлов», Запорожский национальный технический университет, ул. Жуковского, 64, Запорожье, Украина, 69063, тел.+38 (061) 769 83 91, эл. почта tmzntu@gmail.com

ПОВЫШЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ГРАФИТИЗИРОВАННОЙ СТАЛИ

Цель. Графитизированные стали – сплавы, в которых углерод частично находится в виде графитовых включений, благодаря чему такие стали имеют хорошие антифрикционные свойства, износостойкость, теплопроводность и ряд других механических свойств, выгодно отличающих их от чугунов. Однако такие стали мало изучены и практически не применяются в машиностроении. Целью работы являлось исследование возможности повышения износостойкости графитизированных сталей в условиях сухого трения-скольжения металл по металлу для возможного их применения в тормозных системах железнодорожного назначения. **Методика.** Материалом для исследования были графитизированные доэвтектоидные, эвтектоидные и заэвтектоидные стали. Опытные сплавы исследовали в состоянии после термического упрочнения. Твердость сплавов определяли с использованием метода Виккерса. Износостойкость сталей исследовали в условиях сухого трения-скольжения металл по металлу с использованием машины трения МИ-1 (диск по диску). **Результаты.** В работе были получены данные, позволяющие оценить износостойкость опытных графитизированных сталей в зависимости от содержания углерода, кремния и меди. Полученная в результате статистической обработки экспериментальных данных регрессионная зависимость позволила определить оптимальный химический состав стали, характеризующийся высокой износостойкостью. **Научная новизна.** В работе получена зависимость, описывающая влияние углерода, кремния и меди на потерю массы образца при испытаниях в условиях сухого трения металл по металлу. **Практическая значимость.** Оптимизированный состав графитизированной стали может быть использован для производства изделий, работающих в условиях изнашивания: тормозная колодка железнодорожного состава, сепаратор скоростного подшипника, фильера и др.

Ключевые слова: графитизированная сталь; легирование; графитовые включения; твердость; износостойкость

Введение

Графитизированные стали, как сплавы, содержащие графитовые включения в структуре, характеризуются рядом ценных свойств: термостойкостью и теплопроводностью [8, 3], достаточно высоким сопротивлением усталостному разрушению [14]. Кроме того, известно, что графитизированные стали достаточно широко используются как антифрикционный материал. По данным многих исследователей [12, 7, 15, 10], благодаря включениям графита, выполняющим роль естественной смазки, такие стали

отличаются низкой склонностью к адгезии, хорошей прирабатываемостью, теплопроводностью и стабильностью свойств при термоциклировании [3, 5]. Это позволяет применять их для штампов холодной штамповки, волочильного инструмента, сепараторов подшипников качения, червячных колес, деталей стеклоформующих машин [1, 2], валкового инструмента [16] и других изделий.

По данным Г. В. Коровиной [12], В. М. Жукова [10], П. Я. Груздова [9] и других авторов известны марки антифрикционных графитизи-

МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО

рованных сталей ЭИ293 и ЭИ336 успешно могут заменять такие антифрикционные материалы, как латуни ЛС59-1, дуралюмини Д16 и др. для деталей, работающих в условиях взаимно скользящих поверхностей. А стойкость износостойкой графитизированной стали марки ЭИ366, применяемой для просечных штампов, в 1,5 раза превышает стойкость стали марки Х12М [12].

Цель

В данной работе исследовали возможность повышения износостойкости графитизированных сталей путем экономного легирования кремнием и медью сталей, по структуре принадлежащих к доэвтектоидным (0,5 % С), эвтектоидным (0,8 % С) и заэвтектоидным классам (1,2; 1,5; 1,9 % С). Выбор элементов легирования производился из следующих соображений: известно, что одними из основных факторов, определяющих износостойкость графитизированных железоуглеродистых сплавов в условиях сухого трения-скольжения (металл по металлу), являются твердость металлической основы, количество и форма графитовых включений в структуре. На эти факторы определяющее влияние оказывает содержание углерода, как естественного источника карбидов и графита в структуре, а также содержание кремния, как наиболее сильного графитизатора. Влияние меди на износостойкость чугунов хорошо изучено Жуковым, Половинчуком и другими авторами [11], которые показали, что медь в чугунах способна не только повышать механические свойства, но и благоприятно влияет на теплофизические свойства (теплопроводность, термостойкость), которые для таких изделий, как тормозная колодка железнодорожного состава [6], сепаратор скоростного подшипника, фильера являются важными эксплуатационными характеристиками [13].

Методика

Для исследования влияния С, Si и Cu использовали метод планирования эксперимента [6], где в качестве независимых переменных было выбрано содержание углерода (0,4...1,9 %), кремния (0,6...2,6 %), и меди (0...4,0 %). Содержание остальных химических элементов составляло: 0,60...0,70 % Mn; 0,15...0,18 % Cr;

0,22...0,25 % Al и до 0,015 % S и 0,024 % P. В качестве зависимых – потеря массы образца Δm в условиях изнашивания при сухом трении металл по металлу. В работе был реализован полный факторный эксперимент второго порядка 2^3 (табл. 1), включающий восемь основных опытов, а также опыты на «звездном» и нулевом уровнях.

Таблица 1

Центральный композиционный план 2^3

Интервал варьирования и уровни факторов		Изучаемые факторы		
		X_1 (C, %)	X_2 (Si, %)	X_3 (Cu, %)
Нулевой уровень: $X_0 = 0$		1,2	1,6	2,0
Интервал варьирования	1,0	0,4	0,6	1,2
	1,682	0,7	1,0	2,0
Нижний уровень: $X = -1,0$		0,8	1,0	0,8
Верхний уровень: $X = +1,0$		1,6	2,2	3,2
Звездные точки	$X = -1,682$	0,5	0,6	0
	$X = 1,682$	1,9	2,6	4,0

По составленной матрице планирования в 60-тикилограммовой индукционной печи с основной футеровкой были выплавлены опытные сплавы. Требуемые концентрации углерода получали путем науглероживания жидкого сплава в печи чугуном Л5. Необходимых концентраций кремния и меди достигали путем присадки в печь ферросилиция ФС65 и электротехнической меди М1. При этом расплав модифицировали в ковше силикокальцием, ферросилицием и алюминием. Разливку жидкого металла вели в сухие песчано-глинистые формы, обеспечившие получение слитков с прямоугольным и круглым поперечным сечением.

Для повышения твердости и износостойкости опытных сталей полученные отливки закаливали от 860 °С охлаждением в масло и последующим низким отпускком (200 °С, 2 часа).

Испытания на износостойкость в условиях сухого трения-скольжения металл по металлу проводили с использованием машины трения

МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО

МИ-1 (диск по диску) при следующих режимах: диаметр испытательного образца и контртела – 40 мм, материал контртела – сталь 40Х (закалка, низкий отпуск), нагрузка на пару трения – 500 Н, частота вращения контртела – 615 об/мин, частота вращения образца – 400 об/мин, линейная скорость проскальзывания образца относительно контртела – 27 м/мин. Об износостойкости материала судили по потере массы образцов Δm , определяемой взвешиванием на весах с точностью до 0,0002 г через 15, 30, 60 и 90 мин испытаний.

Результаты

Результаты металлографического анализа показали, что металлическая основа, а также количество и форма графитовых включений преимущественно зависели от содержания углерода и кремния. Так, структура стали с 0,48 % С состояла из феррито-перлитной металлической основы с незначительным количеством равномерно распределенных точечных графитовых включений. Повышение содержания углерода до 0,78 % способствовало увеличению количества графита до 3 % объем., при этом металлическая матрица практически полностью была представлена крупнопластинчатой перлитной фазой. Структура стали, содержащей 1,54 % С, характеризовалась не только повышением количества графитной фазы (до 5 % объем.), но и наличием отдельных участков выделившегося вторичного цементита по границам перлитных зерен. Основным отличием структуры стали с наибольшей концентрацией углерода 1,95 % являлось образование пластинчатых включений графита в феррито-перлитной металлической основе. При этом количество графитной фазы в данной стали достигало 8 % объем.

Описывая влияние кремния, можно отметить, что при его содержании от 0,62 до 1,07 % в структуре стали одновременно с графитовыми выделениями присутствовал вторичный цементит. В структурах остальных вариантов опытных сталей, содержащих 1,65 % Si и более, вторичный цементит не обнаруживался. При наибольшем содержании кремния в сплаве – 2,55 % при 1,26 % С – ее структура характеризовалась феррито-перлитной металлической основой и крупными, равномерно распределенными графитовыми глобулами.

Изменение содержания меди от 0,02 до 3,95 % заметного влияния на структуру металлической основы сталей в литом состоянии не оказало – в структуре обнаруживался мелкопластинчатый перлит.

В результате термообработки металлическая основа сталей состояла из отпущенного мартенсита с выделившимися мелкодисперсными ϵ -карбидами. При этом проведенная термическая обработка практически не повлияла на количество и распределение графитной и карбидной фаз.

По полученным результатам были построены 15 криволинейных зависимостей потери масс образцов от химического состава. На рис. 1 для наглядности приведены кривые наиболее и наименее износостойких опытных сплавов, а также кривая сплава, состав которого соответствует нулевому уровню содержания варьируемых легирующих элементов матрицы планирования (см. табл. 1)

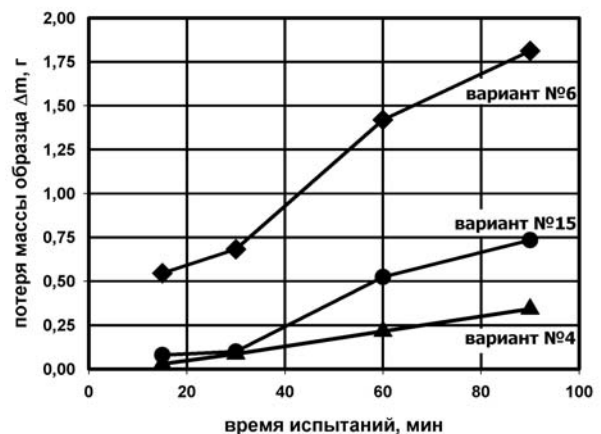


Рис. 1. Зависимости потери массы образцов с различным содержанием легирующих элементов (см. табл. 2)

В табл. 2 указаны твердость образцов перед испытаниями и потеря их массы после всего времени испытаний (90 мин).

Обработка полученных экспериментальных данных с помощью регрессионного анализа позволила получить уравнение, показывающее зависимость потери массы образца Δm от содержания углерода, кремния и меди:

$$\Delta m = 0,153 + 0,443C + 1,064Si - 0,733Cu - 0,725CSi + 0,231CCu - 0,049SiCu + 0,175C^2 - 0,044Si^2 + 0,168Cu^2; r = 0,85.$$

Таблица 2

Механические свойства термообработанных графитизированных сталей

№ опыта	Расчетный химический состав			Свойства графитизированных сталей	
	C, %	Si, %	Cu, %	HRC	Средняя потеря массы образца после 90 мин испытаний Δm, г
1	0,8	1,0 2,2	0,8	62	0,3921
2	1,6			54	0,8887
3	0,8			55	0,6924
4	1,6			56	0,3423
5	0,8	1,0 2,2	3,2	55	1,0213
6	1,6			54	1,8116
7	0,8			52	1,0329
8	1,6			54	1,2762
9	0,5	1,6 2,6	2,0	48	0,9892
10	1,9			54	0,8194
11	1,2			58	0,6596
12				56	0,8975
13		48	1,6732		
14		1,6	4,0	50	1,3456
15			2,0	62	0,7346

В целях определения состава, обеспечивающего оптимальную износостойкость (наименьшую Δm), выполнили графический анализ полученного регрессионного уравнения, который показал, что в графитизированных сталях с увеличением содержания углерода от 0,5 до 1,2 % износостойкость повышается (снижается Δm) вследствие как увеличения твердости металлической основы (мартенсит отпуска более пересыщен углеродом), так и повышения количества графитной фазы, выполняющей роль смазки и предупреждающей схватывания и задиры. Повышение углерода до 1,9 % несколько снижало износостойкость, что можно объяснить ухудшением формы графитовых включений с компактной на пластинчатую. Такая форма графита являлась более острым (опасным) концентратором и способствовала отрыву

частиц опытного образца при трении скольжения. Результаты анализа графических зависимостей также показали, что кремний, как правило, повышал износостойкость (снижал Δm) за счет как увеличения твердости металлической основы путем твердорастворного ее упрочнения, так и графитизирующего действия данного элемента, способствующего выделению большего количества графитной фазы. Наиболее оптимальное содержание кремния составляло 2,2...2,4 %. Дальнейшее его увеличение, с точки зрения ухудшения механических свойств, являлось нежелательным. Согласно результатам эксперимента, увеличение содержания меди до 0,8 % повышало износостойкость сталей, вероятнее всего, вследствие твердорастворного и дисперсионного упрочнения металлической основы. Однако повышение содержания меди до 3,2 % в сталях с содержанием углерода более 1,2 % повышало Δm вследствие негативного влияния на форму графитовых включений, что согласуется с данными авторов, описывающих влияние формы графитовых включений на износостойкость чугунов [11].

Научная новизна и практическая значимость

Полученная в работе регрессионная зависимость позволила оптимизировать и предложить состав новой износостойкой графитизированной стали, обладающей сочетанием высоких эксплуатационных свойств: 1,1...1,3 % C; 2,2...2,4 % Si; 0,7...0,9 % Cu; 0,60...0,70 % Mn; 0,22...0,25 % Al. Сталь предложенного состава может быть использована для изделий, работающих в условиях сухого трения скольжения металл по металлу, например для тормозной колодки железнодорожного подвижного состава.

Выводы

1. Антифрикционные свойства и износостойкость графитизированных сталей прямым образом зависят от твердости металлической основы и количества и формы графитовых включений в ее структуре.

2. Оптимальное сочетание углерода, кремния и меди позволяет не только повысить износостойкость графитизированной стали, но и обеспечить высокие теплопроводность и термостойкость, которые для таких изделий, как

МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО

тормозная колодка железнодорожного состава, сепаратор скоростного подшипника являются важными эксплуатационными свойствами.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. А.с. 1574674 СССР, МКИ С 22 С 38/18, В 22 С 38/34. Графитизированная сталь / О. Б. Колотилкин, И. П. Волчок, С. А. Уваров (СССР). – № 4471327 ; заявл. 05.09.88 ; опубл. 30.06.90, Бюл. № 24. – 2 с.
2. А.с. 1793001 СССР, МКИ С 22 С 38/34. Графитизированная сталь / И. П. Волчок, О. Б. Колотилкин, С. А. Уваров (СССР). – № 4910094 ; заявл. 11.02.91 ; опубл. 07.02.93, Бюл. № 5. – 2 с.
3. Акімов, І. В. Підвищення високотемпературної витривалості графітізованих сталей / І. В. Акімов, І. П. Волчок // FIDES. Intern. Forum for the Development of Education and Science Proc. – Norway : Lulu Press Inc., 2010. – Р. 61.
4. Босов, А. А. Математичне моделювання планування експериментів / А. А. Босов, В. В. Артемчук // Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Д., 2008. – Вип. 25. – С. 118–121.
5. Дефекти залізничних коліс / І. О. Вакуленко, В. Г. Анофрієв, М. А. Грищенко та ін. – Д. : Маковецкий, 2009. – 112 с.
6. Вакуленко, І. О. Металеві матеріали з підвищеною міцністю для виготовлення вагонів / І. О. Вакуленко, В. Г. Анофрієв // Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Д., 2011. – Вип. 37. – С. 216–219.
7. Вакуленко, І. А. Морфология структуры и деформационное упрочнение стали / И. А. Вакуленко, В. И. Большаков. – Д. : Маковецкий, 2008. – 196 с.
8. Графитизированные стали в машиностроении / И. В. Акимов, С. Е. Бельский, И. П. Волчок и др. // Литье и металлургия. – 2010. – № 4. – С. 55–57.
9. Груздов, П. Я. Графитизированная сталь / П. Я. Груздов. – М. : Стандартиздат, 1950. – 84 с.
10. Жуков, А. А. Литая графитизированная сталь / А. А. Жуков, В. М. Жураковский // Литейное пр-во. – 1993. – № 10 – С. 13–15.
11. Жуков, А. А. Износостойкие антифрикционные хромомедистые чугуны / А. А. Жуков, В. П. Половинчук, В. С. Чуркин // Изв. высш. учебных заведений. Черная металлургия. – 1993. – № 4. – С. 30–31.
12. Коровина, Г. В. Литая графитизированная сталь / Г. В. Коровина. – Свердловск : Машгиз, 1959. – 39 с.
13. Кузін, О. А. Роль структури в процесах зношування ферито-перлітних сталей / О. А. Кузін, Т. М. Мещерякова, М. О. Кузін // Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Д., 2011. – Вип. 37. – С. 224–229.
14. Разрушение графитизированных сталей при циклических нагрузках / И. В. Акимов, И. П. Волчок, А. А. Митяев и др. // Литье и металлургия. – 2010. – № 4. – С. 58–61.
15. Формирование оптимальной структуры графитизированной стали / В. М. Жураковский, Б. В. Самелик, В. Я. Садчиков и др. // Технология и орг. пр-ва. – 1986. – № 4. – С. 35–36.
16. Pat. 5,139,583, C22C38/00. Graphite Precipitated hot-rolled Steel plate having workability and hardenability and method therefore / Yoshikazu Kawabata, Masahiko Morita, Fusao Togashi (USA). – № US19920822649 ; filed. 21.01.92 ; publ. 18.08.92.
17. Pat. US5830285, C21D1/26; C21D1/84, C21D8/06, C22C38/12, C22C38/60. Fine Graphite uniform dispersion steel excellent in gold Machinability, Cuttability and Hardenbility, and production method for the same / Sakae Katayama, Toshimi Tarui, Masahiro Toda, Ken-Ichiro Naito (Japan). – № US19960700355 ; filed. 23.08.96, publ. 03.11.98.

І. В. АКИМОВ^{1*}

^{1*}Каф. «Технологія металів», Запорізький національний технічний університет, вул. Жуковського, 64, Запоріжжя, Україна, 69063, тел. +38 (061) 769 85 32, ел. пошта tmzntu@gmail.com

ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ ГРАФІТИЗОВАНОЇ СТАЛІ

Мета. Графітізовані сталі – сплави, в яких вуглець частково знаходиться у вигляді графітових вкраплень, завдяки чому такі сталі мають гарні антифрикційні властивості, зносостійкість, теплопровідність та ряд інших механічних властивостей, котрі вигідно відокремлюють їх від чавунів. Проте, такі сталі є маловивченими і майже не застосовуються в машинобудуванні. Мета роботи полягала в дослідженні можливості підвищення

МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО

зносостійкості графітізованих сталей в умовах сухого тертя-ковзання метал по металу для можливого їх застосування в гальмівних системах залізничного призначення. **Методика.** Матеріалом для дослідження були графітізовані доєвтектоїдні, евтектоїдні та заєвтектоїдні сталі. Дослідні сплави досліджували в стані після термічного зміцнення. Твердість сплавів визначали за допомогою методу Віккерса. Зносостійкість сталей досліджували в умовах сухого тертя-ковзання метал по металу з використанням машини тертя МІ-1 (диск по диску). **Результати.** У роботі були отримані дані, що дозволяють оцінити зносостійкість графітізованих сталей у залежності від вмісту вуглецю, кремнію та міді. Отримана в результаті статистичного оброблення експериментальних даних регресивна залежність дозволила визначити оптимальний хімічний склад сталі, що має високу зносостійкість. **Наукова новизна.** У роботі отримана залежність, яка описує вплив вуглецю, кремнію та міді на втрату маси зразка при випробуваннях в умовах сухого тертя метал по металу. **Практична значимість.** Оптимізований склад графітізованої сталі може бути застосований для виробництва деталей, які працюють в умовах зношування: гальмівна колодка залізничного рухомого складу, сепаратор швидкісного підшипника, філера та інші.

Ключові слова: графітізована сталь; легування; графітові вкраплення; твердість; зносостійкість

I. V. AKIMOV^{1*}

^{1*}Dep. «Metal Technology», Zaporizhzhia National Technical University, Zhukovskiy St., 64, Zaporizhzhia, Ukraine, 69063, tel. + 38 (061) 769 85 32, e-mail tmzntu@gmail.com

INCREASING OF WEAR RESISTANCE OF THE GRAPHITIZED STEEL

Purpose. Graphitized steels are alloys, in which carbon is partly in form of graphite inclusions. Due to this such steels possess good antifriction properties, wear resistance, heat conductivity and a variety of other mechanical properties, which decently distinguish them from cast irons. However, such steels are not studied enough and practically are not used in mechanical engineering. Purpose of the work is the research of the possibility of wear resistance increase for graphitized steels in the conditions of metal-to-metal dry friction sliding to use them in the railway systems. **Methodology.** Graphitized hypoeutectoid, eutectoid and hypereutectoid steels have been used as a research material. Experimental alloys have been studied in the condition after thermal hardening. Hardness of alloys has been determined by the Vickers method. Wear resistance of steels has been studied in the conditions of metal-to-metal dry friction sliding with the use of MI-1 friction machine (disk to disk). **Findings.** Data, which allow assessing the wear resistance of experimental graphitized steels depending on carbon, silicon and copper content have been obtained in this work. The regression dependence obtained as a result of statistical processing of the experimental data allowed determining an optimal chemical content of the steel, which is characterized by high wear resistance. **Originality.** A dependence describing carbon, silicon and copper content on the specimen's weight loss during metal-to-metal dry friction tests has been obtained in the work. **Practical value.** The optimized content of the graphitized steel can be used for production of products working in the conditions of wear such as brake blocks of rolling stock, separators of high-speed bearings, dies and others.

Keywords: graphitized steel; alloying; graphite inclusions; hardness; wear resistance

REFERENCES

1. Kolotilkin O.B., Volchok I.P., Uvarov S.A. *Grafitizirovannaya stal* [Graphitized steel]. Patent USSR, no. 4471327, 1988.
2. Volchok I.P., Kolotilkin O.B., Uvarov S.A. *Grafitizirovannaya stal* [Graphitized steel]. Patent USSR, no. 4471327, 1991.
3. Akimov I.V., Volchok I.P. *Pidvyshchennia vysoko-temperaturnoi vytryvalosti hrafityzovanykh stalei* [Increase of high-temperature endurance of graphitized steels]. FIDES. International Forum for the Development of Education and Science Proceedings. Norway, 2010. 61 p.
4. Bosov A.A., Artemchuk V.V. *Matematychnye modeliuvannia planuvannia eksperymentiv* [Mathematical modeling of experiments planning]. *Visnyk Dnipropetrovskoho natsionalnoho universytetu zaliznychnoho transportu imeni akademika V. Lazariana* [Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan], 2008, issue 25, pp. 118-121.
5. Vakulenko I.O., Anofriiev V.H., Hryshchenko M.A. *Defekty zaliznychnykh kolis* [Defects of railway wheels]. Dnipropetrovsk, Makovetskyi Publ., 2009. 112 p.

МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО

6. Vakulenko I.O., Anofriiev V.H. Metalevi materialy z pidvyshchenoiu mitsnistiu dlia vyhotovlennia vahoniv [Metallic materials with high strength for car production]. *Visnyk Dnipropetrovskoho natsionalnoho universytetu zaliznychnoho transportu imeni akademika V. Lazariana* [Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan], 2011, issue 37, pp. 216-219.
7. Vakulenko I.A., Bolshakov V.I. *Morfologiya struktury i deformatsionnoye uprochneniye stali* [Structure morphology and work hardening of the steel]. Dnipropetrovsk, Makovetskiy Publ., 2008. 196 p.
8. Akimov I.V., Belskiy S.Ye., Volchok I.P. Grafitizirovannyye stali v mashinostroyenii [Graphitized steels in the mechanic engineering]. *Litye i metallurgiya – Casting and Metallurgy*, 2010, no. 4, pp. 55-57.
9. Gruzlov P.Ya. *Grafitizirovannaya stal* [Graphitized steel]. Moscow, Standartizdat Publ., 1950. 84 p.
10. Zhukov A.A., Zhurakovskiy V.M. Litaya grafitizirovannaya stal [Cast graphitized steel]. *Liteynoye proizvodstvo – Foundry Production*, 1993, no.10, pp. 13-15.
11. Zhukov A.A., Polovinchuk V.P., Churkin V.S. Iznosostoykiye antifriktsionnyye khromomedistyie chuguny [Wear-proof chromium-copper cast iron]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Chernaya metallurgiya – Proceedings of Higher Education Establishments. Ferrous Metallurgy*, 1993, no. 4, pp. 30-31.
12. Korovina G.V. *Litaya grafitizirovannaya stal* [Cast graphitized steel]. Sverdlovsk, Mashgiz Publ., 1959. 39 p.
13. Kuzin O.A., Meshcheriakova T.M., Kuzin M.O. Rol struktury v protsesakh znoshuvannia feryto-perlitnykh stalei [Role of structure in the process of wear of hypoppearlitic steels]. *Visnyk Dnipropetrovskoho natsionalnoho universytetu zaliznychnoho transportu imeni akademika V. Lazariana* [Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan], 2011, issue 37, pp. 224-229.
14. Akimov I.V., Volchok I.P., Mityayev A.A. Razrusheniye grafitizirovannykh staley pri tsiklicheskykh zagruz-kakh [Destruction of graphitized steels under cyclic loadings]. *Litye i metallurgiya – Casting and Metallurgy*, 2010, no. 4, pp. 58-61.
15. Zhurakovskiy V.M., Samelik B.V., Sadchikov V.Ya. Formirovaniye optimalnoy struktury grafitizirovanoy stali. [Formation of the optimal structure of the graphitized steel]. *Tekhnologiya i organizatsiya proizvodstva – Technology and Production Engineering*, 1986, no. 4, pp. 35-36.
16. Kawabata Yoshikazu, Morita Masahiko, Togashi Fusao. Graphite Precipitated hot-rolled Steel plate having workability and hardenability and method therefore. Patent USA, no. US19920822649, 1992.
17. Sakae Katayama, Toshimi Tarui, Masahiro Toda, Ken-Ichiro Naito. Fine Graphite uniform dispersion steel excellent in gold Machinability, Cuttability and Hardenbility, and production method for the same. Patent Ja-pan, no. US19960700355, 1996.

Статья рекомендована к публикации д.т.н., проф. И. А. Вакуленко (Украина); д.т.н., проф. А. А. Митяевым (Украина)

Поступила в редколлегию 02.10.2013

Принята к печати 05.11.2013

УДК 669.131.2:539.551

Т. М. МИРОНОВА^{1*}

^{1*}Каф. «Матеріалознавство ім. академіка Ю. М. Тарана», Національна металургійна академія України, пр. Гагаріна, 4, Дніпропетровськ, Україна, 49600, тел. +38 (067) 713 83 65, ел. пошта t.myronova@mail.ru

ВПЛИВ ПОПЕРЕДНЬОЇ ТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКИ НА ПЛАСТИЧНІСТЬ БІЛИХ ЧАВУНІВ

Мета. Розробка режимів термічної обробки білого чавуну для зміни структури їх евтектичної складової, а саме: порушення монолітної будови цементитного каркасу ледебуритних колоній і суцільності евтектичної сітки, а також зміна її розташування на більш сприятливе, з точки зору пластичної деформації. **Методика.** В якості матеріалів використовували доевтектичні білі чавуни з різним вмістом вуглецю (2,92...3,35 %), а також із додатковим легуванням ванадієм 3,81 %. Сплави піддавали попереднім відпалам та випробовували на гаряче кручення. **Результати.** У результаті досліджень було показано, що роздроблення карбідної сітки за допомогою пластичного деформування сприяє покращенню механічних властивостей білих чавунів, але має труднощі в застосуванні, що обумовлені їх низькою пластичністю. Вивчено вплив різних режимів попередніх відпалів, що включали ізотермічні витримки при різних температурах, а також багаторазові витримки й термоциклювання на структуру та пластичність білих доевтектичних чавунів. Досліджено вплив ступеня евтектичності та попередньої термічної обробки на гарячу пластичність білих чавунів різних складів. **Наукова новизна.** Визначено, що термічна обробка, яка викликає фазову подвійну $\alpha \rightarrow \gamma$ перекристалізацію при температурах 860–950 °С і перлитизацію при 720–680 °С, сприяє суттєвому підвищенню пластичності як у нелегованих, так і леггованих ванадієм білих чавунах. Це відбувається за рахунок розділення матричної карбідної фази в колоніях ледебуриту новими фазовими межами, особливо карбідного перетворення при легуванні ванадієм. **Практична значимість.** Використання попереднього відпалу з фазовою перекристалізацією дозволило підвищити пластичність доевтектичних білих чавунів. Отриманий рівень пластичності чавуну відповідає пластичності сталей карбідного класу, що забезпечує успішну деформацію куванням та вальцюванням.

Ключові слова: білі чавуни; зносостійкість; евтектичні карбіди; деформування; термічна обробка; фазові перетворення; пластичність

Вступ

У сучасному машинобудуванні велика кількість деталей виготовляється з чавунів різних типів та складів [17, 20]. Білі чавуни багато в чому задовольняють сучасні вимоги до зносостійких деталей та інструменту, проте їх конструкційна міцність та стійкість до динамічних навантажень часто недостатня [4]. Специфіка евтектичної сітки, що утворюється під час кристалізації виробів з білого чавуну, призводить до викришення карбідів при терті, а особливо при ударному зносі. Змінити будову ледебуритних колоній, де матричною фазою є крихкий цементит, за допомогою термічної обробки майже неможливо.

Загальним положенням для майже всіх сплавів евтектичного типу є позитивний вплив обробки, що сприяє подрібненню евтектичної сітки, причому це стосується і залізобуглецевих, і кольорових сплавів. Особливо суттєво цей вплив проявляється, якщо первинна фаза є

більш пластичний твердий розчин, а евтектика утворюється на базі більш крихких складових [11, 19].

Ще починаючи з 30-х років минулого століття і до сьогоднішніх днів результатами досліджень було доведено [2, 6, 13], що пластична деформація значно сприяє поліпшенню механічних характеристик білого чавуну, перетворюючи його в матеріал з унікальним комплексом властивостей, що поєднує високу твердість, зносостійкість [5], міцність, здатність протистояти ударним навантаженням і коливанням температури. Позитивно впливає пластичне деформування і на властивості сірих особливо високоміцних чавунів. Після обробки тиском значно поліпшується демпфувальна здатність цих сплавів [7, 12, 14–16].

Принципова можливість деформування білих чавунів доведена низкою робіт вчених, у яких проаналізовано деякі склади та режими обробки тиском білого чавуну, а також пропо-

МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО

нується застосовувати деформований чавун як матеріал для прокатних валків, деталей і вузлів машин [11, 18]. Але низький рівень пластичності в литому стані унеможливує використання обробки тиском цих сплавів у промислових умовах. Керування структуроутворенням у білих чавунах для підвищення їх пластичності є актуальною і важливою проблемою. Важливо також скористатися досвідом дослідження пластичності високовуглецевих легованих сталей ледебуритного класу, що є структурними аналогами білих чавунів [9]. Але принципова відмінність цих сплавів полягає в тому, що у евтектиках на базі спеціальних карбідів матричною фазою є пластичний аустеніт, а в ледебуриті білих чавунів – крихкий цементит. Отримання в чавунах евтектичної складової на базі спеціальних карбідів, таких як Cr_7C , VC , TiC та ін., потребує високого легування [3, 17]. Таким чином, дослідження впливу термічної обробки на структурні зміни в білих чавунах, що приводять до підвищення їх пластичності, є актуальним завданням.

Мета

Метою роботи є використання термічної обробки білого чавуну для зміни структури його евтектичної складової, а саме, порушення монолітної будови цементитного каркасу ледебуритних колоній і суцільності евтектичної сітки, а також зміна її розташування на більш сприятливе з позиції пластичної деформації.

Методика

У роботі виконано дослідження доевтектичних білих чавунів з різним вмістом вуглецю 2,92...3,35% та хрому 0,5...0,7 % (для гарантованого відбілу), що названі в роботі нелегованими, а також легованого ванадієм 3,81 %, причому структура цього сплаву в литому стані складається з дендритів аустеніту та суцільної евтектичної сітки, колонії якої переважно являють собою ледебурит стільникової будови.

Для вивчення впливу перекристалізації на структурні зміни в білому чавуні проводили відпали з багаторазовими ізотермічними витримками за різними режимами: *режим 1* – при 1 050 °C або 1 140 °C, 10 год або 20 год; *режим 2* – 860 °C, 2 год + 680 °C, 4 год; *режим 3* – дворазове проведення режиму 2; *режим 4* –

860 °C, 2 год + 680 °C, 4 год + 1 000 °C, 5 год; а також термоциклювання: нагрівання до 950 °C, витримка 5 хв і охолодження на повітрі.

Рівень пластичності визначали з допомогою випробувань на гаряче скручення на машині СМЕГ-10-Т.

Результати

Металографічний аналіз зразків, відпалених при температурі 1 050 °C і 1 140 °C, показав, що при цих температурах уже під час 10-тигодинної витримки наявні процеси формозміни кристалів цементиту й аустеніту, а саме сфероїдизація та коалесценція (рис. 1).

При цьому ледебуритний карбід стає ще більш монолітним.

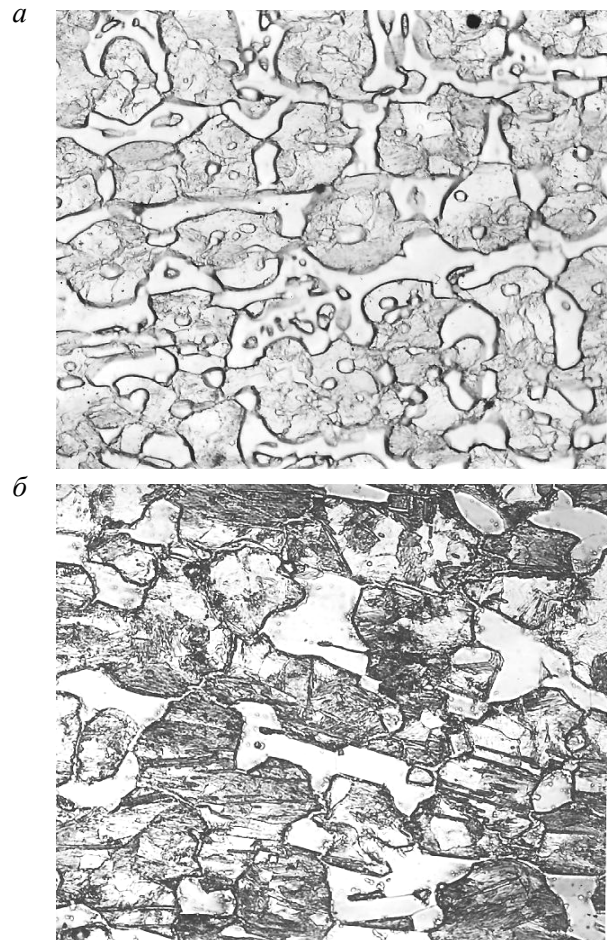


Рис. 1. Сфероїдизація і коалесценція цементиту і аустеніту в процесі 10-тигодинної витримки.

Травлення електролітичне:
а – 1 050 °C; б – 1 040 °C × 500

При поясненні описаних процесів слід виходити з рівняння Томсона [3]:

МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО

$$X_{\Gamma} = X_{\infty} e^{2\sigma MV/RT\Gamma},$$

де X_{∞} – концентрація вуглецю у твердому розчині при плоскій межі розділу з карбідом; X_{Γ} – концентрація вуглецю в розчині, рівноважному з карбідом на межі розділу з радіусом кривизни Γ ; M , V – молекулярна вага та питомий об'єм карбиду; R , T – газова стала і температура; σ – міжфазна поверхнева енергія.

У тонких гілочках ледебуритного аустеніту вміст вуглецю знижений, тому що поверхня карбиду тут увігнута й характеризується малим радіусом кривизни. Вміст вуглецю в плоских базових дендритах аустеніту колоній і в товстих гілках первинного аустеніту набагато вище. Оскільки гілочки ледебуритного аустеніту пов'язані або з плоскими дендритами евтектичного аустеніту, або з гілками первинного аустеніту, між ними можливий дифузійний обмін вуглецем. Вуглець з великих гілок аустеніту переміщується на дрібні гілочки евтектичного аустеніту. Ці гілочки, насичуючись вуглецем, трансформуються в карбід. Великі ділянки аустеніту, збіднюючись вуглецем, стають ненасиченими, у них розчиняється частина карбиду. У результаті тонкі гілки ледебуритного аустеніту перетворюються в карбід, а гілки первинного і великі ділянки ледебуритного аустеніту товщають.

Проте при температурі 1 050 °С ледебуритні колонії ще зберігають свою закономірну будову й розташування, хоча евтектичні карбіди стають більш монолітними.

Після відпалу при температурі 1 140 °С структура чавуну складається з окремих цементитних монолітних включень і твердого розчину (продуктів його розпаду). Евтектична сітка фактично розбивається, проте ділянки цементиту залишаються досить великими й можуть служити джерелами зародження тріщин при деформації. Величина цементитних ділянок 10^{-3} – $5 \cdot 10^{-3}$ см.

Таким чином, підвищення температури нагріву викликає прискорення процесів сфероїдизації і коалесценції структурних складових, проте 10-тигодинний відпал навіть при температурах, досить близьких до температури оплавлення, не приводить до формування структури, більш сприятливої для пластичної деформації, а саме до розділення евтектичного цементиту й розосередження його у твердому

розчині, хоча безперервність евтектичної сітки більшою чи меншою мірою порушується.

Структура білого чавуну після проведення відпалу за режимом 2 практично не змінюється (рис. 2).

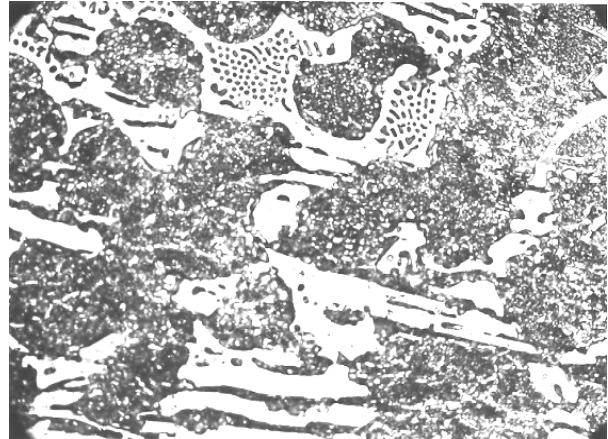


Рис. 2. Структура білого чавуну після одноразового двоступеневого відпалу, $\times 500$

Відпал за режимом 2 повторювали дворазово і чотириразово. Температура вищого ступеня (860 °С) вибиралася з розрахунку більш повного переведення продуктів евтектоїдного розпаду в аустенітний стан, а більш низької (680 °С) – для повного евтектоїдного розпаду аустеніту й сфероїдизації продуктів перетворення.

При дворазовому та чотириразовому повторенні відпалу за режимом 2 колонії стільникового ледебуриту частково трансформуються в колонії, що нагадують пластинковий ледебурит (рис. 3). Відбувається з'єднання ділянок евтектичного аустеніту – «стільників». У цементиті виникають субмежі, за якими здійснюється розділення цементиту й з'єднання аустенітних ділянок. Передумовою виникнення цих субмеж є сам механізм утворення стільникового ледебуриту під час кристалізації. Цементит при пошаровому зростанні може трохи випереджати аустенітні прошарки. Про це свідчить прямолінійність і орієнтація цементитних блоків, а також форма фронту кристалізації евтектики. Біля аустенітних пластин рідина збагачується домішками, на кромках з'являються виступи (рис. 4).

Зростання аустенітних виступів призводить до збагачення рідини, що їх розділяє, вуглецем. Починається проростання цементиту в проміжках між виступами. Оскільки воно відбувається

МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО

в площині (001), яка характеризується найсильнішими міжатомними зв'язками в цементиті, то швидкість проростання велика. Між сусідніми блоками утворюються перетинки (рис. 4), пластинкова структура переходить в стрижневу, що притаманна так званому стільниковому ледебуриту. Місця змикання цементитних пластин більш дефектні й збагачені домішками, тому тут полегшено формування субструктури.

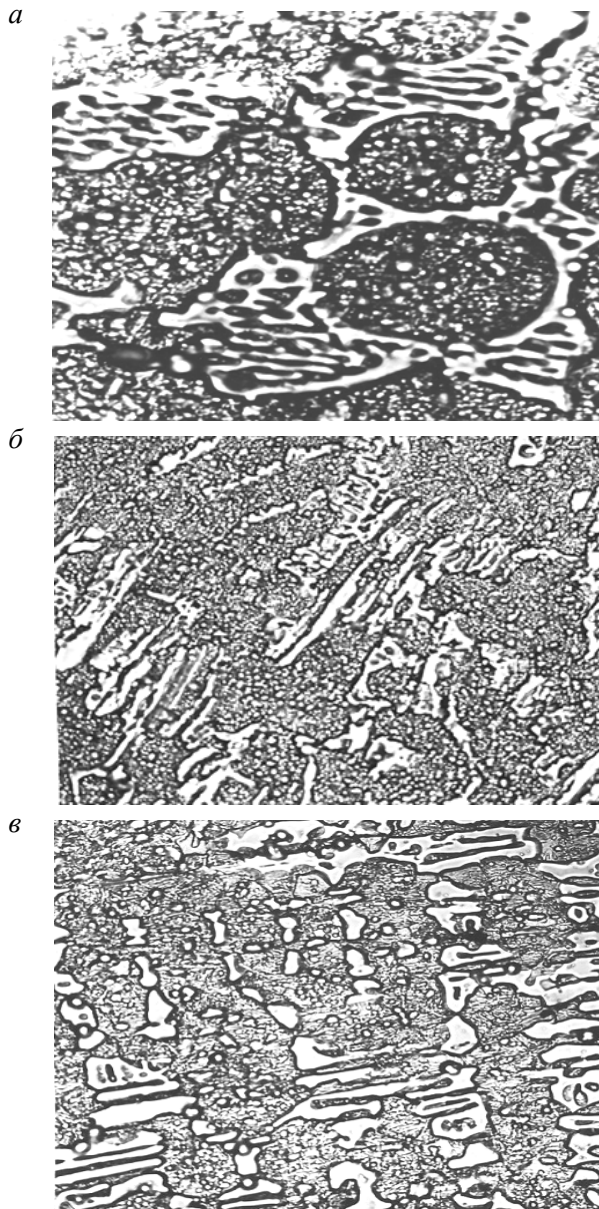


Рис. 3. Трансформація стільникового ледебуриду в колонії, що нагадують пластинковий ледебурит. Електролітичне травлення: а – після режиму 3, $\times 1\,000$; б – після чотириразового повторення режиму 2; в – після режиму 4; $\times 500$

Поряд з цим наявне розділення цементитних пластин за механізмом, що описаний в роботі [1]. Згідно з ним раніше плоска міжфазна поверхня аустеніту й карбіду втрачає стійкість з розвитком субзернистої структури. У напрямку меж аустеніту карбід розростається, а вздовж власних меж розчиняється.

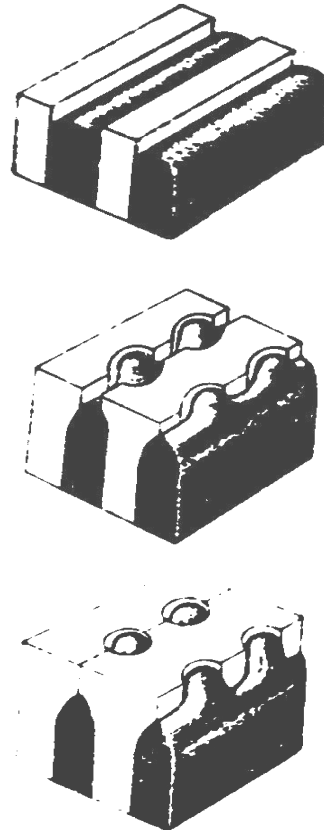


Рис. 4. Схема переходу пластинкової структури евтектики в стільникову при кристалізації [2]

Утворення субзернистої структури також сприяє розвитку сфероїдизації завдяки, наприклад, створенню шляхів полегшеної дифузії атомів [1, 22], з переміщенням яких пов'язане перепаккування ґрат карбіду й аустеніту.

У процесі відпалу із багатьма витримками в результаті $\alpha \rightleftharpoons \gamma$ перетворення, а також різниці коефіцієнтів теплового розширення цементиту й аустеніту наявний фазовий наклеп, а слідом за ним і рекристалізація, що призводять до утворення субструктури в обох фазах.

Із збільшенням температури третього ступеня відпалу (режим 4) розподіл і сфероїдизація евтектичного цементиту прискорюються. Структура чавуну, обробленого за режимом 3 і 4, на-

МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО

ближається до структури після чотириразового накладення відпалу за режимом 2, але все ж більш помітно трансформування стільникового ледобуриту в колонії, подібні пластинковому ледобуриту. Проте структура більш сфероїдизована після обробки за режимом 4. Причиною цього є підвищення не тільки температури, але й часу останньої ізотермічної витримки.

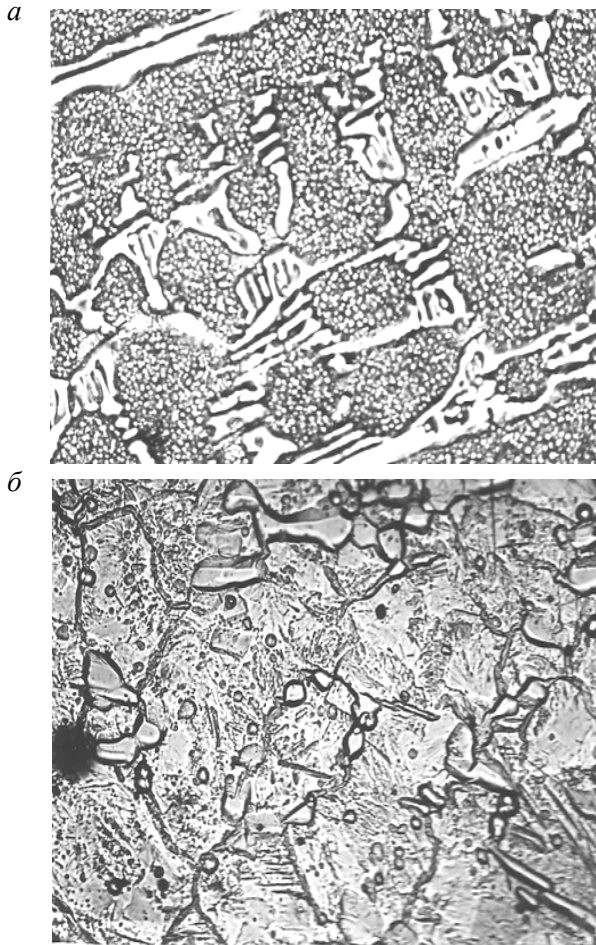


Рис. 5. Структура білого чавуну після термоциклічної обробки ($950 \pm 20^\circ\text{C}$), $\times 500$:
а – до накладення високотемпературного відпалу;
б – після подальшого 5-тигодинного відпалу при 1000°C

Ефективно впливає на структурні зміни й термоциклювання. Багаторазові нагріви та охолодження викликають накопичення дефектів кристалічної будови структурних складових за рахунок різної теплопровідності й коефіцієнтів теплового розширення фаз. Після восьмиразового термоциклювання ($950 \pm 20^\circ\text{C}$) у структурі чавуну відбуваються зміни (рис. 5), подібні тим, які спостерігаються в процесі ба-

гатоступеневих відпалів (режим 3 та 4). Вплив термоциклічної обробки особливо позначається при подальшому накладенні високотемпературної витримки. Під час цього ступеня реалізується підвищення дефектності кристалічної будови, що має особливо важливе значення для розвитку процесу рекристалізації. У свою чергу, виникнення нових меж сприяє поділу й сфероїдизації цементиту (рис. 5). У цьому випадку евтектична сітка повністю розбивається, цементитні включення розосереджуються у твердому розчині поряд із вторинними карбідами.

Для досліджень впливу попереднього відпалу з $\alpha \rightleftharpoons \gamma$ перетворення зразки чавуну з вмістом вуглецю 3 % піддавали відпалу згідно з режимом 3. Після такої обробки виконували випробування на гаряче кручення (рис. 6).

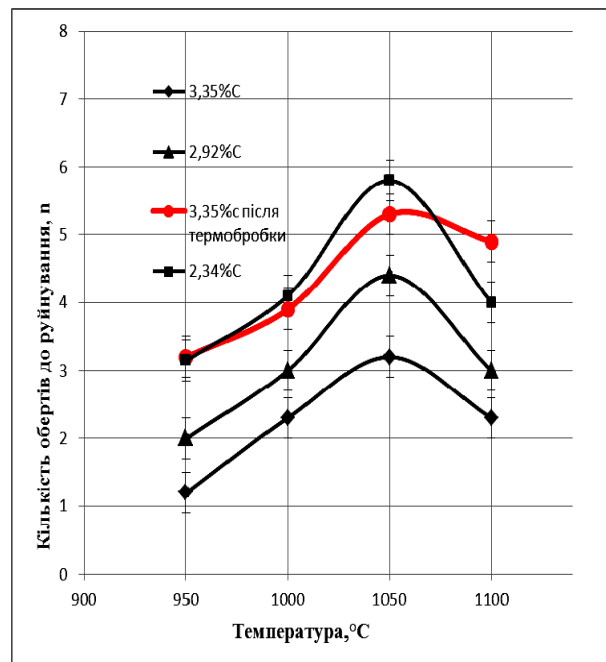


Рис. 6. Результат випробування на гаряче кручення нелегованих білих чавунів з різним вмістом вуглецю, який піддавали післяливарному відпалу та додатковій термічній обробці.

Зіставивши отримані результати, можна зробити висновок, що рівень пластичності білого чавуну з підвищенням вмісту вуглецю знижується. Проте рівень пластичності сплаву, що містить 2,92 % С, після попередньої термічної обробки, а саме застосування режиму 3, майже відповідає рівню пластичності чавуну, що містить 2,34 % С, тобто в структурі має набагато меншу частку евтектичних колоній.

МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО

Таким чином, після запропонованого багатоступеневого відпалу пластичність чавуну, що містить 2,92 % С, підвищилася приблизно на 20 %.

Для вивчення впливу структурних складових білого чавуну, легованого ванадієм, на рівень гарячої пластичності використовували сплав з вмістом вуглецю 3,16 % і ванадію 3,81 %. Випробування виконували на зразках, підданих різним попередніми обробкам:

1) литі зразки, відпалені за режимом 1 000 °С 3 год, 680 °С 4 год;

2) литі зразки, піддані подвійному відпалу: 1 000 °С 3 год, 680 °С 4 год, охолодження на повітрі, 1 000 °С 5 год, 680 °С 4 год.

Початкова структура зразків до випробування наведена на рис. 7.

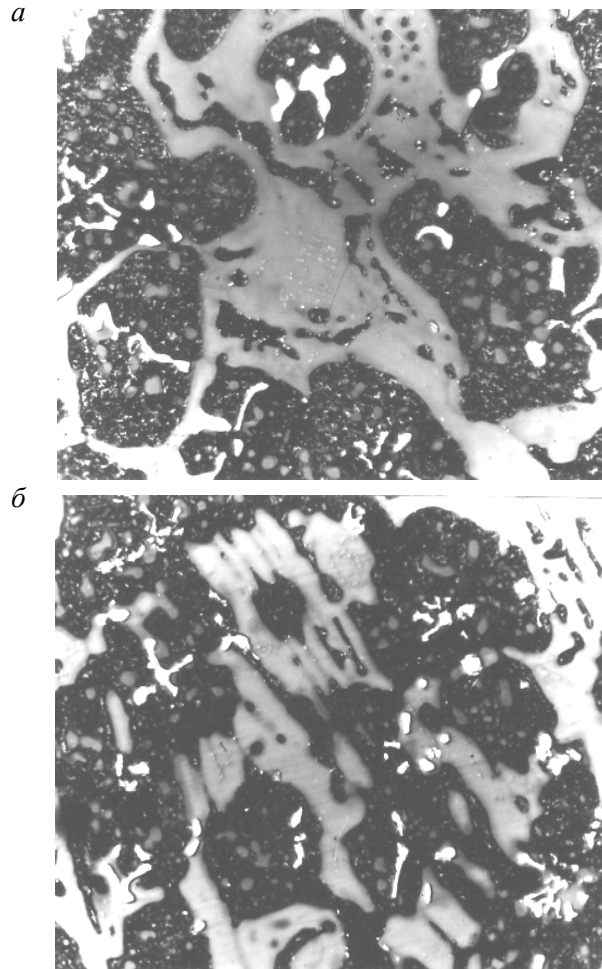


Рис. 7. Мікроструктура дослідного чавуну, що містить 3,16 % С і 3,81 % V, підданого тепловій обробці, $\times 1000$. Теплове травлення:

а – після відпалу 1 000 °С 3 год, 680 °С 4 год;

б – після дворазового відпалу 1 000 °С 3 год, 680 °С 4 год + 1 000 °С 5 год, 680 °С 4 год

Характер температурної залежності пластичності для чавуну, легованого ванадієм, такий самий, як і для нелегованого сплаву, тобто криві мають куполоподібну форму (рис. 7).

Максимальна кількість обертів до руйнування спостерігається в інтервалі температур 1 050–1 100 °С, незалежно від попередньої обробки зразків і відповідає рівню пластичності деяких швидкорізальних сталей, наприклад таких, як Р6М5 [8, 9].

Відпал з подвійною перекристалізацією призводить до підвищення рівня пластичності, який при всіх температурах випробування вищий, ніж при одноразовому відпалі. Особливо значний приріст пластичності в цьому випадку спостерігається при більш низьких температурах 950–1 050 °С. Кількість обертів до руйнування в цьому інтервалі температур збільшується майже в 1,5 разу, порівняно зі зразками, відпаленими одноразово. У результаті цього відбувається розширення температурного інтервалу, сприятливого для деформування (рис. 8).

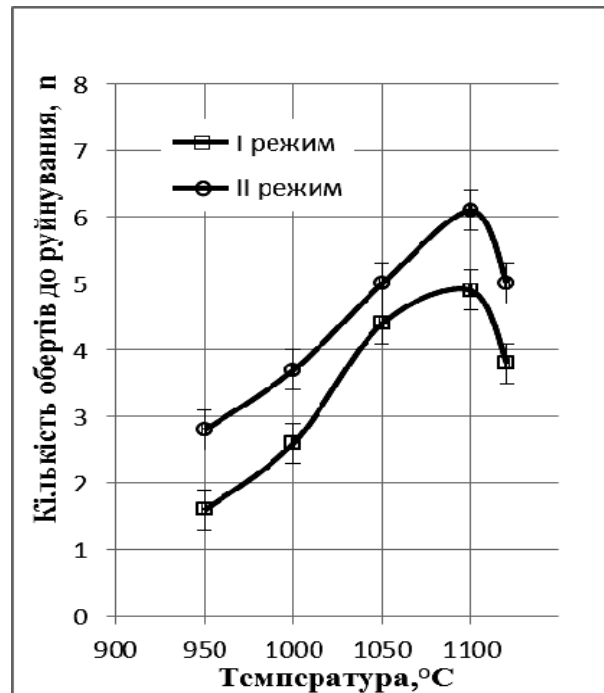


Рис. 8. Гаряча пластичність при крученні чавуну з 3,16 % С і 3,81 % V. Попередня обробка:

I – 1 000 °С, 3 год, 680 °С, 4 год; II – 1 000 °С, 3 год; 680 °С, 4 год; охолодження на повітрі; 1 000 °С, 5 год; 680 °С, 4 год

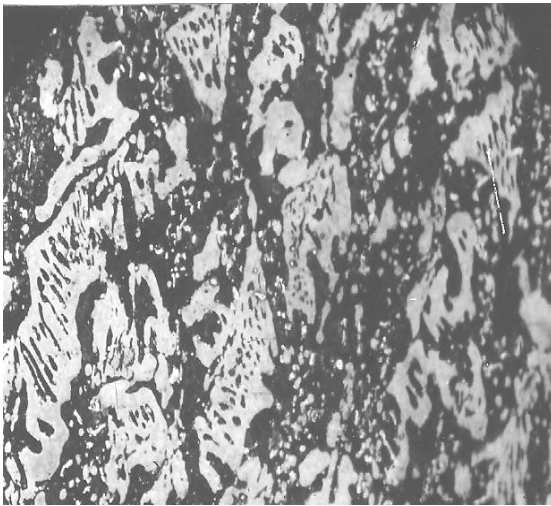
Збільшення кількості витримок, за яких відбувається $\alpha \rightleftharpoons \gamma$ перехід, має позитивний вплив на розвиток карбідного перетворення

МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО

$(\text{Fe}, \text{V})_3\text{C} \rightarrow \text{VC} + \text{A} + \text{Fe}_3\text{C}$ в ледебуриті чавунів, легованих ванадієм [8, 9]. Тому в структурі зразків, відпалених двічі, виділяється більша кількість ванадієвих карбідів, ніж у разі однофазової фазової перекристалізації. Утворення аустенітних прошарків навколо нових карбідів ванадію і їх злиття призводить до розділення цементитних кристалів. Крім того, вони діляться по власних субмежах, появі яких сприяє фазовий наклеп і рекристалізація, що спостерігаються за такого режиму теплової обробки.

Таким чином, ще до деформування порушується монолітність цементитного каркасу в ледебуриті, а також збільшується протяжність міжфазних меж цементит/карбід ванадію.

а



б

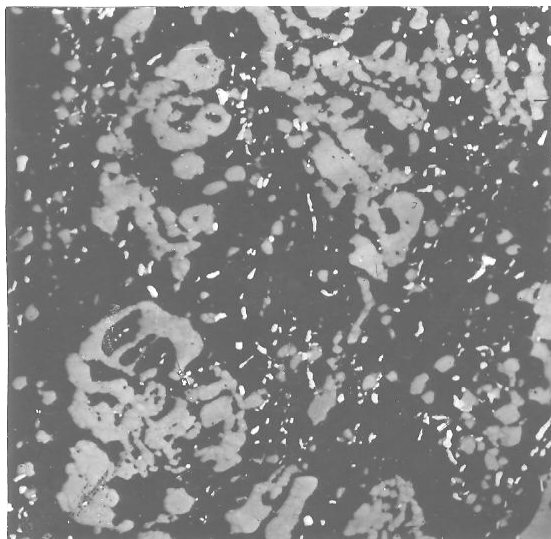


Рис. 9. Структурні зміни у ванадієвих чавунах у процесі гарячого кручення, $\times 500$:

а – поблизу переходу робочої частини зразка у захвати; б – поблизу місця руйнування

Особливо відчутно це позначається при температурах 950–1020 °С. Початкова структура дворазово відпалених зразків виявляється більш підготовленою для деформування. У цьому інтервалі зразки, оброблені за режимом дворазового повторення відпалу, мають найвищі показники пластичності (рис. 8).

Дослідження мікроструктури випробуваних зразків показали, що існує нерівномірність деформації по довжині зразка від місця руйнування до захватів (рис. 9).

Як і у випадку з нелегованими білими чавунами, у поздовжньому перерізі структура змінюється від сильно деформованої до структури, що майже не зазнала змін.

У процесі високотемпературної витримки може відбуватися також поділ цементиту в результаті розчинення по субмежах. Це, у свою чергу, порушує безперервність цементитної оболонки в ледебуритних колоніях ще до завершальних актів деформування. Ефективність такої обробки зростає з підвищенням температури відпалу. При деформуванні цементитні кристали безперешкодно діляться по субмежах, а також по міжфазних межах карбідів заліза і ванадію (рис. 10).

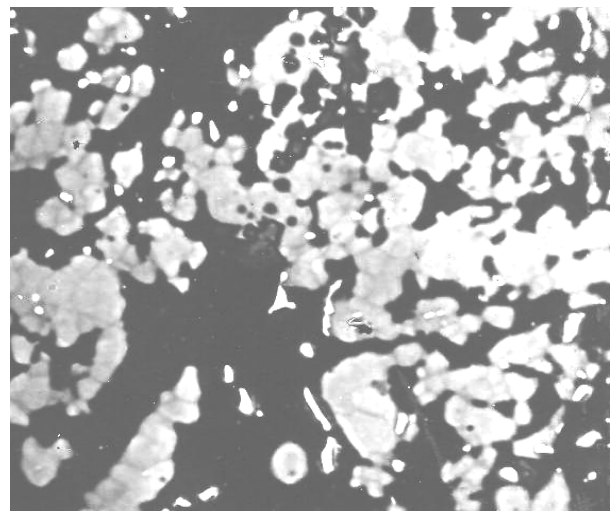


Рис. 10. Розділення кристалів цементиту по утворених субмежах та межах $\text{VC}/(\text{Fe}, \text{V})_3\text{C}$, $\times 850$.

Теплове травлення

Таким чином, попередня обробка ванадієвого чавуну, що викликає розвиток карбідного перетворення, у результаті якого відбувається розчленування цементиту евтектичних колоній, сприяє суттєвому підвищенню рівня пластичності сплаву.

Наукова новизна та практична значимість

1. Теплова обробка, що включає багаторазову фазову перекристалізацію, сприяє порушенню монолітності цементитного каркасу ледебуритних колоній і суцільності евтектичної сітки. У процесі багаторазового відпалу спостерігається трансформація колоній стільникового ледебуриту в колонії, будова яких нагадує пластинковий ледебурит, при цьому роль матричної фази переходить від цементиту до аустеніту.

2. Під час дослідження структурних змін у нелегованих білих чавунах у процесі пластичної деформації при температурах 950–1120 °С встановлено, що пластичність білого чавуну залежить від кількості евтектики, особливостей її будови і розташування. Вищу пластичність мають чавуни, евтектика яких не утворює суцільної сітки і колонії ледебуриту мають пластинкову будову. Пластинковий ледебурит більш бажаний з позиції пластичності чавуну, оскільки в ньому матрицею є аустеніт, на відміну від стільникового ледебуриту, де матрицею є крихкий цементит.

3. Тривала витримка при температурах вище 1000 °С сприяє сфероїдизації та коалесценції евтектичних карбідів та призводить до утворення більш грубої структури, яка не сприяє підвищенню пластичності.

4. Термоцикування в поєднанні з подальшою високотемпературною витримкою сприяє формуванню структури, яка складається з ізольованих цементитних включень, розгалужених у твердому розчині, що є сприятливим з позиції пластичності білого чавуну.

5. Подвійна фазова перекристалізація викликає фазовий наклеп у фазах, сприяє виникненню субзернистих меж та розділенню по них евтектичних карбідів. Використання попереднього відпалу з подвійною $\alpha \rightarrow \gamma$ перекристалізацією при температурах 860–950 °С та подвійною перлітизацією при 720–680 °С сприяє суттєвому підвищенню пластичності як в нелегованих, так в легованих ванадієм білих чавунах.

6. Ледебуритні чавуни, що леговані ванадієм, мають підвищену пластичність. Пластична деформація ініціює карбідні перетворення, що відбуваються як у процесі високотемпературного відпалу, так і в ході безпосередньої деформації ванадієвих чавунів. Виділення карбідів

ванадію, що викликають додаткову напругу при деформації і нагріванні, сприяє фрагментації цементитних кристалів.

7. Утворення карбідів VC при карбідному перетворенні в легованому ванадієм цементиті істотним чином сприяє підвищенню пластичності сплаву. При деформації відбувається розділення карбідних кристалів по нових міжфазних кордонах. Утворення нових фаз перешкоджає зародженню тріщин і зупиняє їх поширення в карбідах і на їх міжфазній поверхні.

Використання попереднього відпалу з фазовою перекристалізацією дозволило підвищити пластичність доевтектичних білих чавунів. Отриманий рівень пластичності чавуну відповідає рівню пластичності сталей карбідного класу, наприклад швидкорізальних. Це дозволяє рекомендувати використання даної попередньої обробки для забезпечення успішного деформування доевтектичних білих чавунів куванням та вальцюванням в промислових умовах.

Висновки

1. Результати виконаних досліджень показали, що за допомогою відпалів з багаторазовою фазовою перекристалізацією можна впливати на структуру евтектичної складової білих чавунів.

2. Карбідні перетворення, що відбуваються в легованому ванадієм цементиті, сприяють суттєвому підвищенню пластичності ледебуритного чавуну, майже до рівня сталей карбідного класу, що підлягають обробці тиском.

3. Завдяки використанню розроблених режимів попередніх відпалів, а також складів економно легованих білих чавунів, рекомендовано застосування пластичного деформування цих сплавів для виробництва деталей підвищеної зносостійкості.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Баранов, А. А. О сфероидизации эвтектического карбида быстрорежущей стали / А. А. Баранов, Л. И. Иванов // Металлофизика. – 1968. – Вип. 27 – С. 91–94.
2. Баранов, С. А. Ковка чугуна / С. А. Баранов // Сообщения Всесоюзного ин-та металлов. – 1931. – № 8. – С. 22–25.
3. Бунин, К. П. Основы металлографии чугуна / К. П. Бунин, Я. Н. Малиночка, Ю. Н. Таран. – М.: Металлургия, 1969. – 415 с.
4. Вакулєнко, І. А. Структура і свойства углеродистой стали при знакопеременном деформи-

МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО

- ровании / И. А. Вакуленко. – Д. : Gaudeamus, 2003. – 94 с.
5. Вакуленко, И. О. Втома металевих матеріалів в конструкціях рухомого складу / И. О. Вакуленко. – Д. : Маковецький, 2012. – 152 с.
 6. Витмозер, А. Деформация чугунов / А. Витмозер // Проблемы современной металлургии. – 1955. – № 4 (22). – С. 104–117.
 7. Исследование особенностей структурообразования высокопрочного чугуна при плазменной обработке / В. И. Гуринович [и др.] // Литье и металлургия : ежеквартальный научно-произв. журн. – 2012. – № 2. – С. 129–133.
 8. Мигачев, Б. А. Пластичность инструментальных сталей и сплавов : справ. / Б. А. Мигачев, А. И. Потапов. – М. : Металлургия, 1980. – 88 с.
 9. Миронова, Т. М. О механизмах влияния фазовых переходов на поведение эвтектических карбидов при деформировании / Т. М. Миронова, Т. Р. Донская, А. Ю. Сидорова // Вісн. Дніпропетр. ун-ту. Серія «Фізика, радіоелектроніка». – Д., 2012. – Т. 20, № 2. – С. 97–104.
 10. Миронова, Т. Повышение пластичности белого чугуна методом инициирования фазовых превращений в эвтектическом цементите / Т. Миронова // New Technologies and Achievements in Metallurgy and Materials Engineering. – 2012. – № 24. – Р. 252–256.
 11. Миронова, Т. М. Структура и свойства деформируемых чугунов / Т. М. Миронова, В. З. Куцова. – Д. : Дриант, 2009. – 190 с.
 12. Петрушин, Г. Д. Неупругие свойства высокопрочного чугуна с деформированным графитом / Г. Д. Петрушин, А. Г. Петрушина, С. А. Головин // МиТОМ. – 2011. – № 2. – С. 27–33.
 13. Погодин-Алексеев, Г. И. Обработка давлением отливок белого чугуна / Г. И. Погодин-Алексеев // Вестн. машиностроения. – 1951. – № 14. – С. 57–60.
 14. Покровский, А. И. Горячая пластическая деформация чугуна: структура, свойства, технологические основы / А. И. Покровский. – Минск : Белорусская наука, 2010. – 256 с.
 15. Покровский, А. И. Пластическое течение включений цементита и графита при обработке давлением чугуна / А. И. Покровский // Литье и металлургия : ежеквартальный научно-произв. журн. – 2013. – № 1. – С. 88–95.
 16. Пономарев, А. С. Совершенствование технологии изготовления осесимметричных изделий из высокопрочного чугуна за счёт выбора термомеханических режимов : дис. ... канд. техн. наук : 05.02.09 / Пономарев Андрей Сергеевич ; Моск. гос. технол. ун-т "Станкин". – М., 2011. – 118 с.
 17. Сильман, Г. И. Белые легированные чугуны с композиционной структурой / Г. И. Сильман // МиТОМ. – 2005. – № 7. – С. 94–100.
 18. Скобло, Т. С. Исследование пластичности чугуна для прокатных валков / Т. С. Скобло, Э. Л. Воробьева // Сортопрокатное пр-во. – 1973. – № 6. – С. 105–111.
 19. Фирстов, С. А. Титановые «чугуны» и титановые «стали» / С. А. Фирстов, С. В. Ткаленко, Н. Н. Кузьменко // МиТОМ. – 2009. – № 1. – С. 14–29.
 20. Щербединский, Г. В. Чугун как перспективный материал XXI столетия / Г. В. Щербединский // МиТОМ. – 2005. – № 7. – С. 83–93.
 21. Carbide Transformations Eutectic Cementite During The Hot Working of Chromium Vanadium Alloy White Irons / P. F. Nichnicovskaya, T. M. Mironova, Ju .N. Taran et al. – Pittsburg : The Minerals & Metals Society, 1993. – 51 p.
 22. Mittemeijer, Eric J. Fundamentals of Materials Science / Eric J. Mittemeijer. – New York : Springer, 2011. – 500 p.

Т. М. МИРОНОВА^{1*}

^{1*}Каф. «Материаловедение им. академика Ю. М. Тарана», Национальная металлургическая академия Украины, пр. Гагарина, 4, Днепрпетровск, Украина, 49600, тел. +38 (067) 71 38 365, эл. почта t.myronova@mail.ru

ВЛИЯНИЕ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА ПЛАСТИЧНОСТЬ БЕЛЫХ ЧУГУНОВ

Цель. Разработка режимов термической обработки белого чугуна для изменения структуры их эвтектической составляющей, а именно: нарушение монолитного строения цементитного каркаса ледебуритных колоний и сплошности эвтектической сетки, а также изменение ее расположения на более благоприятное, с точки зрения пластической деформации. **Методика.** В качестве материалов использовали доэвтектические белые чугуны с разным содержанием углерода (2,92...3,35 %), а также с дополнительным легированием ванадием 3,81 %. Сплавы подвергали предварительным отжигам и испытывали на горячее кручение. **Результаты.** В результате исследований было показано, что дробление карбидной сетки с помощью

© Т. М. Миронова, 2013

МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО

пластического деформирования способствует улучшению механических свойств белых чугунов, однако имеет трудности в применении, которые обусловлены их низкой пластичностью. Изучено влияние различных режимов предварительных отжигов, которые включали изотермические выдержки при разных температурах, а также их многократное повторение и термоциклирование на структуру и пластичность белых доэвтектических чугунов. Исследовано влияние степени эвтектичности и предварительной термической обработки на горячую пластичность белых чугунов разных составов. **Научная новизна.** Установлено, что термическая обработка, которая вызывает фазовую двойную $\alpha \rightarrow \gamma$ перекристаллизацию при температурах 860–950 °С и перлитизацию при 720–680 °С, способствует существенному повышению пластичности как в нелегированных, так и легированных ванадием белых чугунах. Это происходит за счет деления матричной карбидной фазы в колониях ледебурита новыми фазовыми границами, особенно за счет карбидного превращения при легировании ванадием. **Практическая значимость.** Применение предварительного отжига с фазовой перекристаллизацией позволило повысить пластичность доэвтектических белых чугунов. Полученный уровень пластичности чугуна соответствует пластичности сталей карбидного класса, что обеспечит успешную деформацию ковкой и прокаткой.

Ключевые слова: белые чугуны; износостойкость; эвтектические карбиды; деформирование; термическая обработка; фазовые превращения; пластичность

T. M. MYRONOVA^{1*}

^{1*}Dep. «Material Science named after Yu. M. Taran», National Metallurgical Academy of Ukraine, Gagarin Av., 4, Dnipropetrovsk, Ukraine, 49600, tel. +38 (067) 713 83 65, e-mail t.myronova@mail.ru

THE INFLUENCE OF PRE-HEAT TREATMENT ON WHITE CAST IRONS PLASTICITY

Purpose. The development of heat treatment modes of white cast irons for structure changes in their eutectic constituent, namely in disturbing the monolithic structure of ledeburite colonies cementite structure and eutectic net continuity. Also the mentioned heat treatment modes are targeted to the eutectic net shift for the most suitable position from the point of plastic deforming. **Methodology.** The hypoeutectic white cast irons with 2.92...3.35% carbon content and additionally alloyed by 3.18% vanadium have been used as the research materials. The mentioned alloys have been pre-heat treated and hot twist tested. **Findings.** The research results showed that the carbide net breaking by plastic deforming leads to cast irons mechanical properties increasing but has difficulties in implementation due to the white cast irons low plasticity. The influence of different pre-heat treatment modes on structure and plasticity of white hypoeutectic cast irons have been investigated. They include the isotherm soaking under the different temperatures as well as multiply soakings and thermo-cycling. The influence of eutectic level, as well as pre heat treatment modes on different composition white cast irons hot plasticity have been investigated. **Originality.** It was determined that the heat treatment, which leads to double $\alpha \rightarrow \gamma$ recrystallization under 860-950°C and reperlitzation under 720-680°C results in significant increase of plasticity, as well as in un-alloyed and alloyed by vanadium white cast irons. It takes place due to carbide matrix phase separation in ledeburite colonies by new phase boundaries forming especially due to carbide transformations under vanadium alloying. **Practical value.** The implementation of pre-heat treatment with phase recrystallization resulted in hypoeutectic white cast irons plasticity increasing. The obtained level of cast iron plasticity corresponds to the one of carbide class steels, which ensures the successful deformation by forging and rolling.

Keywords: white cast irons; wear resistance; eutectic carbides; deforming; heat treatment; phase transformations; plasticity

REFERENCES

1. Baranov A.A., Ivanov L.I. O sferoidizatsii evtekticheskogo karbida bystrorezhushchey stali [About spheroidization of eutectic carbide of the fast-cutting steel]. *Metallofizika* [Physics of metals], 1968, issue 27, pp. 91-94.
2. Baranov S.A. Kovka chuguna [Cast iron smithing]. *Soobshcheniya Vsesoyuznogo instituta metallov – Reports of All Union Institute of Metals*, 1931, no. 8, pp. 22-25.
3. Bunin K.P., Malinochka Ya.N., Taran Yu.N. *Osnovy metallografii chuguna* [Fundamentals of cast iron metallography]. Moscow, Metallurgiya Publ., 1969. 415 p.
4. Vakulenko I.A. *Struktura i svoystva uglerodistoy stali pri znakoperemennom deformirovanii* [Structure and properties of the carbon steel during alternating deformation]. Dnipropetrovsk, Gaudeamus Publ., 2003. 94 p.

МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО

5. Vakulenko I.O. *Vtoma metalevykh materialiv v konstruktivnykh rukhomoho skladu* [Fatigue of metallic materials in the construction of rolling stock]. Dnipropetrovsk, Makovetskyi Publ., 2012. 152 p.
6. Vitmozzer A. Deformatsiya chugunov [Cast iron deformation]. *Problemy sovremennoy metallurgii – Problems of Modern Metallurgy*, 1955, no. 4 (22), pp. 104-117.
7. Gurinovich V.I. Issledovaniye osobennostey strukturoobrazovaniya vysokoprochnogo chuguna pri plazmennoy obrabotke [Investigation of the features of structure formation of high-stress cast iron during plasma processing]. *Litye i metallurgiya – Casting and Metallurgy*, 2012, no. 2, pp. 129-133.
8. Migachev B.A., Potapov A.I. *Plastichnost instrumentalnykh staley i splavov* [Plasticity of instrument steels and alloys]. Moscow, Metallurgiya Publ., 1980. 88 p.
9. Myronova T.M., Donskaya T.R., Sidorova A.Yu. O mekhanizмах vliyaniya fazovykh perekhodov na povedeniye evtekticheskikh karbidov pri deformirovani [On the influence mechanisms of the phase transitions to the behavior of eutectic carbides during deformation]. *Visnyk Dnipropetrovskoho universytetu. Seriya "Fizyka, radioelektronika"* [Bulletin of Dnipropetrovsk University. Series "Physics, electronics"], 2012, vol. 20, no. 2, pp. 970-104.
10. Myronova T. Povysheniye plastichnosti belogo chuguna metodom initsirovaniya fazovykh prevrashcheniy v evtekticheskom tsementite [Plasticity increase of the white cast iron by the initiation of phase transformations in the eutectic cementite]. *New Technologies and Achievements in Metallurgy and Materials Engineering*, 2012, no 24, pp. 252-256.
11. Myronova T.M., Kutsova V.Z. *Struktura i svoystva deformiruyemykh chugunov* [Structure and properties of the deformed cast irons]. Dnipropetrovsk, Driant Publ., 2009. 190 p.
12. Petrushin G.D., Petrushina A.G., Golovin S.A. Neprugkiye svoystva vysokoprochnogo chuguna s deformirovannym grafitom [Inelastic properties of high-strength cast iron with deformed graphite]. *Metallovedeniye i termicheskaya obrabotka metallov – Metal Science and Heat Treatment of Metals*, 2011, no. 2, pp. 27-33.
13. Pogodin-Alekseyev G.I. Obrabotka davleniyem otlivok belogo chuguna [Pressing of castings from white cast iron]. *Vestnik mashinostroyeniya – Bulletin of Mechanic Engineering*, 1951, no. 14, pp. 57-60.
14. Pokrovskiy A.I. *Goryachaya plasticheskaya deformatsiya chuguna: struktura, svoystva, tekhnologicheskiye osnovy* [Hot plastic deformation of cast iron: structure, properties, technological bases]. Minsk, Belorusskaya nauka Publ., 2010. 256 p.
15. Pokrovskiy A.I. Plasticheskoye techeniye vklyucheniya tsementita i grafita pri obrabotke davleniyem chuguna [Plastic flow of cementite and graphite inclusions in cast iron during pressing]. *Litye i metallurgiya – Casting and Metallurgy*, 2013, no. 1, pp. 88-95.
16. Ponomarev A.S. *Sovershenstvovaniye tekhnologii izgotovleniya osesimmetrichnykh izdeliy iz vysokoprochnogo chuguna za schet vybora termomekhanicheskikh rezhimov*. Kand. Diss. [Improvement manufacturing technology of axisymmetric products of high-strength cast iron by selecting the thermomechanical modes. Cand. Diss.]. Moscow, 2011, 118 p.
17. Silman G.I. Belyye legirovannyye chuguny s kompozitsionnoy strukturoy [White alloyed cast irons with composition structure]. *Metallovedeniye i termicheskaya obrabotka metallov – Metal Science and Heat Treatment of Metals*, 2005, no. 7, pp. 94-100.
18. Skoblo T.S., Vorobyeva E.L. Issledovaniye plastichnosti chuguna dlya prokatnykh valkov [Study of cast iron plasticity for mill rolls]. *Sortoprokatnoye proizvodstvo – Mill for Rolling Production*, 1973, no. 6, pp. 105-111.
19. Firstov S.A., Tkalenko S.V., Kuzmenko N.N. Titanovyye «chuguny» i titanovyye «stali» [Titanium "irons" and titanium "steels"]. *Metallovedeniye i termicheskaya obrabotka metallov – Metal Science and Heat Treatment of Metals*, 2009, no. 1, pp. 14-29.
20. Shcherbedinskiy G.V. Chugun kak perspektivnyy material XXI stoletiya [Cast iron as a promising material of the XXI century]. *Metallovedeniye i termicheskaya obrabotka metallov – Metal Science and Heat Treatment of Metals*, 2005, no. 7, pp. 83-93.
21. Nichnicovskaya P.F., Myronova T.M., Taran Ju.N., Pirogova E.V., Decker R.F. Carbide Transformations Eutectic Cementite During The Hot Working of Chromium Vanadium Alloid White Irons. Pittsburg, The Minerals & Metals Society Publ., 1993. 51 p.
22. Mittemeijer Eric J. *Fundamentals of Materials Science*. New York, Springer Publ., 2011. 500 p.

Стаття рекомендована до публікації д.т.н., проф. В. Ю. Карповим (Україна); д.т.н., проф. І. О. Вакуленком (Україна)

Надійшла до редколегії 05.08.2012

Прийнята до друку 04.11.2013

МОДЕЛЮВАННЯ ЗАДАЧ ТРАНСПОРТУ ТА ЕКОНОМІКИ

УДК 519.216–047.58:330.4

В. В. СКАЛОЗУБ¹, В. Е. БЕЛОЗЕРОВ², И. В. КЛИМЕНКО³, Б. Б. БЕЛЫЙ^{4*}

¹Каф. «Компьютерные и информационные технологии», Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, Днепропетровск, Украина, 49010, тел. +38 (056) 373 15 35, эл. почта skalozub_vl_v@mail.ru

²Каф. «Информационные технологии», Днепропетровский национальный университет имени Олеся Гончара, пр. Гагарина, 72, г. Днепропетровск, Украина, 49010, тел. +38 (050) 276 74 22, эл. почта belozvye@mail.ru

³Каф. «Компьютерные и информационные технологии», Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, Днепропетровск, Украина, 49010, тел. +38 (056) 373 15 35, эл. почта vanya_tk@mail.ru

^{4*}Каф. «Компьютерные и информационные технологии», Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, Днепропетровск, Украина, 49010, тел. +38 (056) 373 15 35, эл. почта beliyboris@mail.ru

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ НА ОСНОВЕ ОБОБЩЕННОГО ЛОГИСТИЧЕСКОГО ОТОБРАЖЕНИЯ

Цель. Целью выполненных исследований являлось построение модели обобщенного логистического отображения и оценка возможностей ее использования для формирования математического описания, а также проведение оперативных прогнозов параметров сложных динамических процессов, описываемых временными рядами. **Методика.** Результаты исследований получены на основе математического и имитационного моделирования нелинейных систем с использованием инструментария хаотической динамики. **Результаты.** Предложена модель обобщенного логистического отображения, которая применяется для интерпретации характеристик динамических процессов. Рассмотрены некоторые примеры представления процессов на основе обобщенного логистического отображения при вариациях величин параметров модели. Предложены процедуры моделирования и интерпретации данных об исследуемых процессах, представленных временными рядами, а также оперативного прогнозирования их параметров, использующие модели обобщенного логистического отображения. **Научная новизна.** В статье предложены усовершенствованная математическая модель, обобщенное логистическое отображение, предназначенные для исследования нелинейных дискретных динамических процессов. **Практическая значимость.** Проведенные с использованием обобщенного логистического отображения исследования процессов железнодорожного транспорта, в частности по оценке параметров вагонопотоков, свидетельствуют о значительных возможностях его применения на практике для решения задач анализа, моделирования и прогнозирования сложных нелинейных дискретных динамических процессов. Предложенная модель может использоваться при учете условий неопределенности, нерегулярности, проявления хаотической природы технических, экономических и других процессов, в том числе железнодорожного транспорта.

Ключевые слова: прогнозирование; обобщенное логистическое отображение; имитационное моделирование нелинейных систем; итерации характеристики динамических процессов

МОДЕЛЮВАННЯ ЗАДАЧ ТРАНСПОРТУ ТА ЕКОНОМІКИ

Введение

В настоящее время многочисленные технологические, эксплуатационные, соответствующие им экономические, а также другие процессы, связанные с функционированием железнодорожного транспорта Украины (ЖТ), не достаточно формализованы, характеризуются высоким уровнем сложности, не имеют замкнутого математического описания. Укажем, что одной из актуальных и важных задач организации экономически эффективной работы железнодорожного транспорта является оперативное планирование и прогнозирование деятельности как отдельных предприятий, так и всей отрасли [11]. Решение задач оперативного прогнозирования усложняется условиями неопределенности, нерегулярностью, хаотической природой многих процессов ЖТ, которые могут быть представлены временными рядами (ВР) [4, 5, 10]. Примеры ВР некоторых технологико-экономических процессов приведены на рис. 1 и 2.

В связи с отмеченными свойствами ЖТ актуальными являются задачи моделирования и прогнозирования характеристик технологических, экономических, эксплуатационных и других процессов ЖТ, задачи получения оценок уровней расчетных показателей при различных внешних воздействиях. Эти задачи возникают на различных уровнях управления, принятия решений, а их достоверное решение обеспечивает эффективное функционирование как отдельных подразделений (подсистем), так и всего транспортного комплекса (исследуемой системы) в целом.

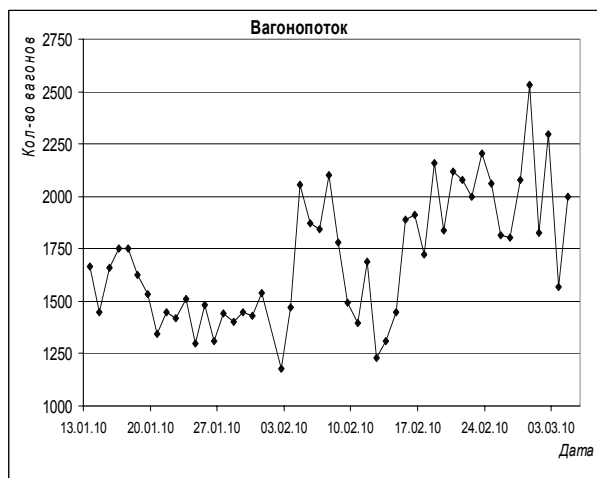


Рис. 1. Временной ряд вагонопотока по станции



Рис. 2. Временной ряд стоимости простоя вагонов на станции

Цель

Развитие метода моделирования и прогнозирования динамических процессов, представленных временными рядами, на основе обобщенного логистического отображения (ОЛО), а также исследование возможностей применения ОЛО для недетерминированных процессов железнодорожного транспорта.

Методика

Для решения задач моделирования, планирования и оперативного прогнозирования показателей процессов, подобных представленным на рис. 1 и 2, используются многие математические и статистические модели и методы, которые разрабатывали и внедряли в экономическую науку отечественные и зарубежные ученые [1, 4, 5, 9, 10, 12]. В последнее время большое внимание уделяется применению методов хаотической динамики для анализа и прогнозирования сложных детерминированных процессов. Вопросы прогнозирования на основе уровней ВР представляют значительный теоретический и прикладной интерес, их исследованию посвящены, в частности, работы [1, 3, 4, 9]. Результаты исследований получены на основе математического и имитационного моделирования нелинейных систем с использованием инструментария хаотической динамики.

Например, в работе [9] для прогнозирования спроса на услуги высших учебных заведений предложена модель спроса на основе обобщенного логистического отображения вида

МОДЕЛЮВАННЯ ЗАДАЧ ТРАНСПОРТУ ТА ЕКОНОМІКИ

$$x_{n+1} = \lambda x_n^\alpha (1 - x_n^\beta) \quad (1)$$

где $x_n \in [0,1]$, λ, α, β – числовые параметры.

В рамках подхода к формированию модели авторы считают, что отдельные составляющие (1) соответствуют различным воздействиям (мероприятиям по организации приема абитуриентов) и зависят от групп управляющих факторов. Модель (1) рассматривается как некоторая обобщающая функция, охватывающая все учтенные при анализе факторы одновременно. Использование модели вида (1) для прогнозирования спроса позволяет осуществить интерпретацию параметров процесса организации приема в учебное заведение [9]. Далее модель ОЛО имеет следующий вид:

$$x_{n+1} = \prod_k \lambda_k x_n^{\alpha_k} \prod_j \mu_j (1 - x_n)^{\beta_j}. \quad (2)$$

Для решения задачи моделирования, интерпретации и прогнозирования уровней ВР транспортных процессов исследуются возможности использования модели обобщенного логистического отображения (ОЛО) вида (2), представленные ниже. При этом форма модели (2) применяется в качестве основной структуры для процедур интерпретации данных, описывающих исследуемые сложные технологические, экономические и другие процессы.

Содержательно процедура интерпретации сводится к следующему. Априори предполагается, что наблюдаемый и представленный временным рядом процесс может быть описан уравнением (2). На основе данных ВР необходимо получить оценки параметров модели (2). Для формирования модели процесса следует связать все или же некоторые из расчетных значений параметров (2) с оценками управлений, влияющих на процессы, формирующие ВР. Тогда открывается возможность «объяснения характеристик ВР» на основе значений коэффициентов – уровней управляющих воздействий.

Результаты

Предложены модель обобщенного логистического отображения, которая применяется для интерпретации характеристик динамических процессов; процедуры моделирования и интерпретации данных об исследуемых процессах, представленных временными рядами, а также

оперативного прогнозирования их параметров, использующие модели обобщенного логистического отображения.

Представление транспортных и других процессов согласно (2) в литературе не исследовано. Для формирования таких моделей процессов, интерпретации ВР наблюдений над процессом, а также последующего прогнозирования значений показателя x_n – количественная мера ряда, необходимо задать содержательный смысл влияющих факторов, интегральный эффект которых дается исследуемым временным рядом:

$$x_0, x_1, x_2, x_3, \dots \quad (3)$$

Для получения интерпретаций (3) в терминах (2), формирования модели на основе структуры (2) принимается, что коэффициенты (2) отображают влияние различных управляющих характеристик:

$$\begin{aligned} (\lambda_1; \alpha_1) & - \text{воздействия фактора 1;} \\ (\lambda_2; \alpha_2) & - \text{воздействия фактора 2;} \\ (\mu_1; \beta_1) & - \text{фактор } (k+1), \dots; \\ (\mu_2; \beta_2) & - \text{фактор } (k+2), \dots \end{aligned} \quad (4)$$

Уровни ряда (3) используются для идентификации (оценок) значений параметров (4). При этом значения (4) определяются при последовательном рассмотрении уровней (3), полученных на основе уравнения (2). Еще не определенные значения параметров модели (2), (4) отбрасываются (принимают значение (0;1) – выбираются нужным образом), а также вычисляются из систем алгебраических уравнений. Пример процедуры формирования модели приведен далее.

Остановимся на рассмотрении вопросов исследования свойств некоторых форм модели обобщенного логистического отображения (2) при различных значениях коэффициентов – степенях членов. Укажем, что с методической точки зрения введенные в структуру отображения (2) дополнительные относительно (1) параметры связываются с некоторыми внешними, в том числе управляющими, факторами. Значения их величин характеризуют воздействия на систему.

Целью анализа является оценка влияния значений и соотношения этих параметров на формы итерационных процессов, соответ-

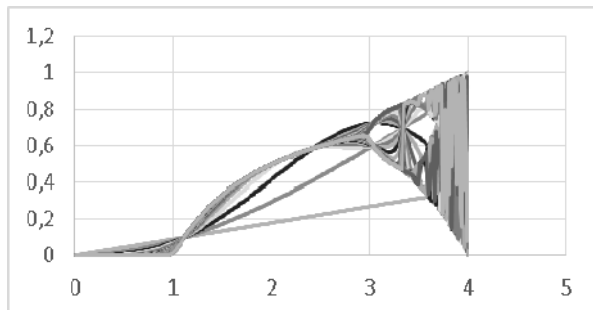
МОДЕЛЮВАННЯ ЗАДАЧ ТРАНСПОРТУ ТА ЕКОНОМІКИ

вующих дискретным отображениям вида (2), их предельные свойства, а также установление возможности оценки зависимости (хотя бы на качественном уровне) общей формы и структуры отображения от значений параметров (2). Практически такая интерпретация позволяет устанавливать связь между коэффициентами (2) и соответствующими внешними факторами, воздействующими на рассматриваемые процессы. Тогда выбор значений («назначение» коэффициентов) модели (2) можно считать процедурой задания «воздействия» на динамические процессы сложной структуры.

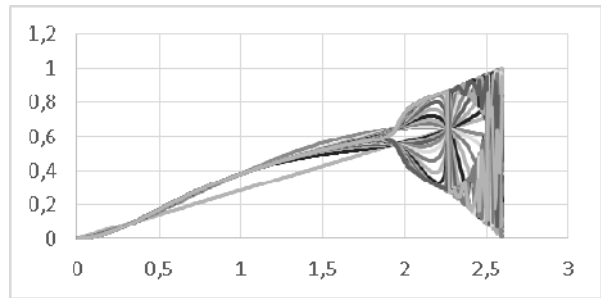
Ставя перед собой задачу использования модели вида (2) для оперативного прогнозирования уровней динамических процессов, представленных на рис. 1 и 2, рассмотрим в первую очередь не предельные свойства хаотической динамики дискретных отображений, а процессы итераций, порождающие сложные поведения, зависящие от параметров модели. Такие процессы, например, могут образовывать шумящие циклы и др. В основе формирования оперативного прогноза лежит гипотеза, согласно которой считаем, если начальный (ближайший прилегающий) участок последовательности значений удовлетворяет (2) для установленных величин параметров, то и последующие прогнозные значения уровней ряда будут соответствовать тому же (2).

Рассмотрим несколько примеров и разных представлений процессов для дискретного обобщенного логистического отображения при вариациях величин параметров модели.

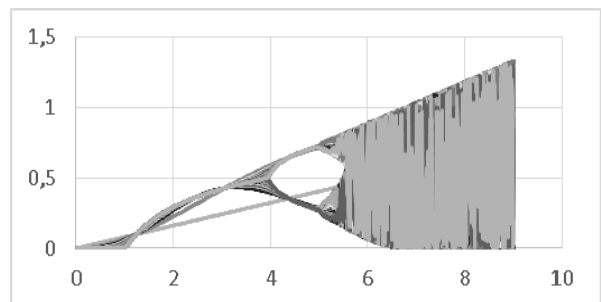
1. Стандартное отображение при $\mu = 1$, $\alpha = 1$, $\beta = 1$ (рис. 3).

Рис. 3. График отображения при $\mu = 1$, $\alpha = 1$, $\beta = 1$

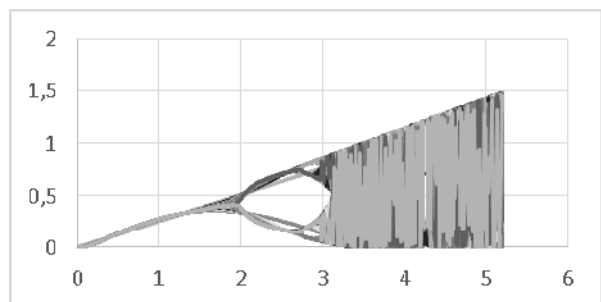
2. Отображение при $\mu = 1$, $\alpha = 0,5$, $\beta = 1$ (рис. 4).

Рис. 4. График отображения при $\mu = 1$, $\alpha = 0,5$, $\beta = 1$

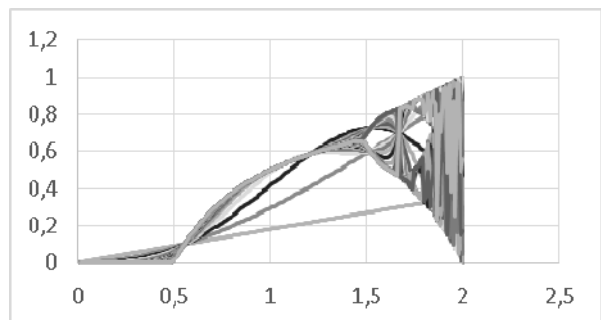
3. Отображение при $\mu = 1$, $\alpha = 1$, $\beta = 2$ (рис. 5).

Рис. 5. График отображения при $\mu = 1$, $\alpha = 1$, $\beta = 2$

4. Отображение при $\mu = 1$, $\alpha = 0,5$, $\beta = 2$ (рис. 6).

Рис. 6. График отображения при $\mu = 1$, $\alpha = 0,5$, $\beta = 2$

5. Отображение при $\mu = 2$, $\alpha = 1$, $\beta = 1$ (рис. 7).

Рис. 7. График отображения при $\mu = 2$, $\alpha = 1$, $\beta = 1$

Изменение функции отображения первых итераций при разных α приведено на рис. 8, 9.

МОДЕЛЮВАННЯ ЗАДАЧ ТРАНСПОРТУ ТА ЕКОНОМІКИ

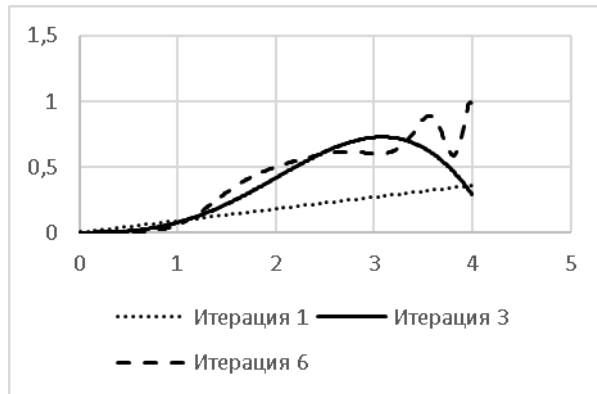
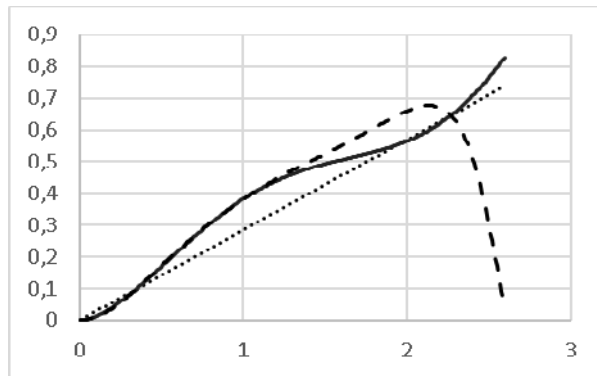
Рис. 8. Стандартное логистическое отображение $\alpha = 1$ Рис. 9. Отображение (2) при $\alpha = 0,5$

Рис. 9 показывает, что по сравнению со стандартным отображением ($\mu = 1, \alpha = 1, \beta = 1$) при уменьшении коэффициента степени α итерации расположены более плотно и идут практически вдоль первой итерации. Это приводит к тому, что значения функции (2) раньше достигают до предела отображения; точки начала хаотического процесса расположены дальше друг от друга.

Изменение функции отображения первых 6 итераций при изменении β приведено на рис. 10.

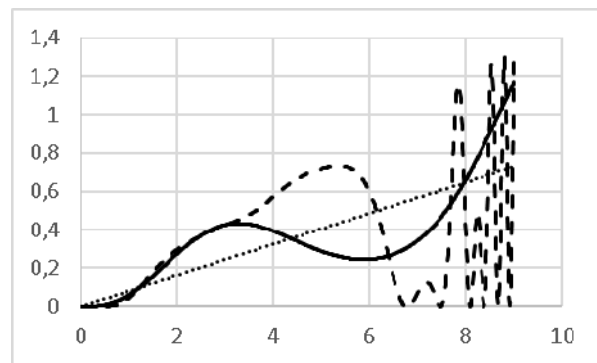
Рис. 10. Отображение ОЛО при $\beta = 2$

Рис. 10 показывает, что при увеличении коэффициента β итерации расположены менее плотно друг от друга, но все равно следуют вдоль первой итерации. Это позволяет точкам каждой итерации в хаотическом отображении располагаться более плотно и увеличить предел отображения функции. В целом же за счет выбора нескольких значений параметров (2) возможно приближенно представить сложные динамические процессы.

Остановимся на анализе процедур моделирования и интерпретации данных об исследуемых процессах, а также оперативного прогнозирования их параметров, использующих модели обобщенного логистического отображения (2). Укажем основную процедуру оценки параметров (4) в виде последовательности систем уравнений следующего вида. Из системы

$$\begin{cases} x_1 = \lambda_1 x_0^{\alpha_1}, \\ x_2 = \lambda_1 x_1^{\alpha_1}, \end{cases} \quad (5)$$

находят значения параметров (λ_1, α_1) . Считая, что уровни x_3, x_4 и другие в последовательности (3) получены по (2) с учетом (λ_1, α_1) , формируют новую систему уравнений для определения (λ_2, α_2) :

$$\begin{cases} x_3 = \lambda_1 x_2^{\alpha_1} \cdot \lambda_2 x_2^{\alpha_2}, \\ x_4 = \lambda_1 x_3^{\alpha_1} \cdot \lambda_2 x_3^{\alpha_2}, \end{cases} \quad (6)$$

из которой рассчитываются значения (λ_2, α_2) . Последующие новые параметры компонентов модели (2) оцениваются, исходя из известных значений ее параметров (λ_1, α_1) ; (λ_2, α_2) и так далее, используя ту же методику. Другая возможность использования ВР (3) для представления и интерпретации (2) на основе (4) состоит в формировании систем уравнений большей размерности, например, объединяющих системы (5) и (6), и совместного вычисления соответствующего количества параметров.

Заметим, что значения параметров (μ_1, β_1) и дальнейших в (2) получают на основе уравнений типа (5), (6) либо путем рассуждений, как в работе [10]: задавая некоторое значение уровня ВР, рассчитывают очередной параметр модели. Далее по модели (1) или (2) с известными параметрами (4) строят прогнозы следующих этапов процессов, уровней ВР (3).

МОДЕЛЮВАННЯ ЗАДАЧ ТРАНСПОРТУ ТА ЕКОНОМІКИ

Полученная таким путем модель в форме ОЛО процессов, представленных ВР, может использоваться для оперативного прогнозирования. Для повышения точности прогноза после идентификации всех параметров модели вида (2) возможна корректировка значений ее параметров за счет расчета нового набора значений параметров управления (4), исходя из других уровней ВР (3). Можно считать, что возникновение «ошибок» в оценках уровней ВР связано, например, с неполнотой системы факторов (4). Некоторые возможности построения оперативного прогноза экономических показателей параметров вагонопотоков на основании моделей (1), (2) изучены в [11].

В предыдущих разделах рассмотрены вопросы моделирования на основе обобщенного логистического отображения (2). Остановимся на его использовании и для решения задач оперативного прогнозирования. Прогнозирование значений уровней ВР проводится на основе модели (1). В соответствии с [3, 7, 9], а также исследованиями [1, 4, 10], даже простые детерминированные нелинейные модели при некоторых значениях параметров могут иметь хаотическое поведение при достаточном количестве уровней ряда. Для представленных в работе заданий оперативного прогнозирования на практике осуществляется обобщение результатов расчетов для нескольких моделей вида (1), параметры которых рассчитываются по методу наименьших квадратов (МНК) для фрагментов ВР разной длины и при различных начальных уровнях процесса итераций.

Построение прогноза в нашем исследовании выполняется рекуррентно. Для прогнозирования на 1 или 2 шага с использованием модели (1) выполняется следующая последовательность операций. Построение модели вида (1) проводится по 15, 10 и 5 предыдущим значениям ВР. По МНК производится поиск таких значений λ , α и β , чтобы минимизировать квадрат ошибки. В соответствии с выбранным количеством предыдущих значений ряда определяется N и производится расчет параметров (λ , α и β). Выполняется построение прогноза на следующий период по найденным параметрам – определяется следующий уровень ряда (или двух). На основе прогнозов для 15, 10 и 5 предыдущих значений ряда определяем среднее

значение результатов моделей из 15, 10 и 5 уровней, а также и для 10 и 15 уровней. Рассчитываем среднее значение для исходного ряда и его абсолютное отклонение от среднего. Суммируем абсолютное отклонение к средним значениям моделей из 15, 10 и 5, а также и для моделей из 10 и 15 предыдущих уровней ряда. При этом получаем прогноз № 1 и прогноз № 2 на один и два шага вперед соответственно.

На рис. 11 представлены графики указанных процессов оперативного прогнозирования ВР на основе (1). Необходимо отметить, что предложенная процедура предназначена в первую очередь для оперативного прогнозирования, поэтому расхождения между уровнями исходного и прогнозного значения рядов неизбежно, оно не характеризует точность метода моделирования (2) в целом. Рис. 11 лишь демонстрирует возможности модели (1) относительно пошагового представления сложного технологического процесса железнодорожного транспорта, описанного с помощью ВР.

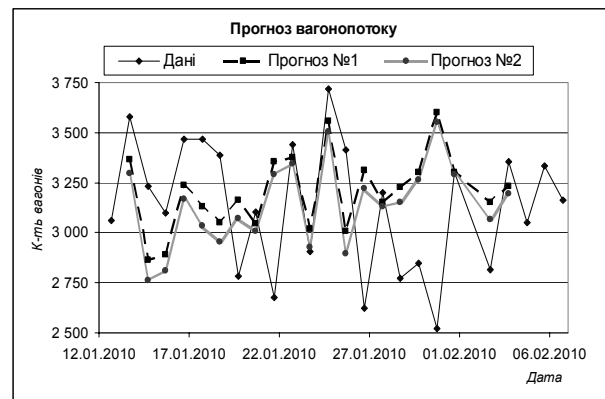


Рис. 11. Графики прогнозирования уровней ВР на основе (1)

В табл. 1 приведены результаты числовых расчетов по построению оперативного прогноза, а также относительные погрешности величин прогнозов, указанные в процентах. Две последние строки непосредственно представляют значения оперативного прогноза на один и два шага соответственно. Именно они (две последние строки 02.02.10 и 03.02.10) демонстрируют цель предыдущих расчетов и являются приемлемыми для практического применения метода.

Таблица 1

Результаты оперативного прогнозирования параметров ВР

Дата	Кол-во вагонов	Среднее (5, 10 и 15)	Среднее (5 и 10)	Прогноз № 1	Прогноз № 2	Ошибка прогноза № 1, %	Ошибка прогноза № 2, %
12.01.10	3 059						
13.01.10	3 577	2 916	2 851	3 363	3 298	5,98	7,79
14.01.10	3 232	2 760	2 658	2 862	2 761	11,45	14,59
15.01.10	3 100	2 859	2 781	2 889	2 810	6,81	9,34
16.01.10	3 465	2 902	2 834	3 237	3 169	6,57	8,54
17.01.10	3 468	2 790	2 696	3 129	3 034	9,79	12,51
18.01.10	3 388	2 789	2 695	3 048	2 953	10,04	12,84
19.01.10	2 782	2 812	2 723	3 160	3 070	13,58	10,36
20.01.10	3 103	3 018	2 979	3 045	3 006	1,87	3,13
21.01.10	2 674	2 901	2 833	3 357	3 288	25,53	22,97
22.01.10	3 441	3 063	3 035	3 374	3 347	1,94	2,75
23.01.10	2 907	2 797	2 704	3 020	2 927	3,87	0,68
24.01.10	3 716	2 970	2 919	3 556	3 505	4,29	5,68
25.01.10	3 412	2 724	2 614	3 006	2 897	11,89	15,10
26.01.10	2 625	2 805	2 714	3 310	3 219	26,09	22,62
27.01.10	3 199	3 084	3 062	3 153	3 131	1,42	2,12
28.01.10	2 774	2 870	2 794	3 225	3 149	16,27	13,53
29.01.10	2 849	3 021	2 983	3 302	3 264	15,91	14,56

**Научная новизна и практическая
значимость**

В статье получены новые результаты, научная новизна которых состоит в усовершенствовании математической модели логистического отображения, предназначенной для исследования нелинейных дискретных динамических процессов, а также создании процедур по ее формированию. Практическая значимость результатов исследований определяется возможностями использования ОЛЮ для анализа сложных процессов железнодорожного транспорта, в частности, для оценки параметров вагонопотоков. Проведенные расчеты свидетельствуют о значительных возможностях ОЛЮ на практике для решения задач анализа, моделирования и оперативного прогнозирования сложных нелинейных дискретных динамических процессов. Предложенная модель может использоваться при учете условий неопреде-

ленности, при проявления хаотической природы технических, экономических и других процессов железнодорожного транспорта.

Выводы

Разработанные в статье методы моделирования и оперативного прогнозирования динамических процессов, представленных временными рядами, на основе обобщенного логистического отображения, а также процедуры получения математических описаний и содержательной интерпретации значений их параметров, могут быть использованы для исследования и организации более обоснованного управления многочисленными недетерминированными процессами. Предложенная в работе модель (2) открывает новые возможности изучения дискретных систем с дискретным временем.

МОДЕЛЮВАННЯ ЗАДАЧ ТРАНСПОРТУ ТА ЕКОНОМІКИ

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Безручко, Б. П. Математическое моделирование и хаотические временные ряды / Б. П. Безручко, Д. А. Смирнов. – Саратов : Гос. УНЦ «Колледж», 2005. – 320 с.
2. Босов, А. А. Структурная сложность систем / А. А. Босов, В. М. Ильман // Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Д., 2012. – Вип. 40. – С. 173–179.
3. Исследования одномерного логистического отображения, родственных дискретных структур и их использование в задачах долгосрочного прогнозирования / под общ. ред. Г. Ю. Ризниченко // Сб. трудов XII междунар. конф. «Математика. Компьютер. Образование». – Ижевск, 2005. – С. 702–710.
4. Максишко, Н. К. Моделирование економіки методами дискретної нелінійної динаміки / Н. К. Максишко. – Запоріжжя : Поліграф, 2009. – 416 с.
5. Моделі і методи соціально-економічного прогнозування : підручник / В. М. Геєць, Т. С. Клебанова, О. І. Черняк та ін. – Х. : ВД «ІНЖЕК», 2005. – 396 с.
6. Нестеренко, Б. Б. Формальные средства для моделирования сложных дискретных систем / Б. Б. Нестеренко, М. А. Новотарский // Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Д., 2007. – Вип. 17. – С. 156–161.
7. Про застосування методу прогнозування на основі логістичного відображення для економічних часових рядів із довготерміновою пам'яттю / Г. А. Крамаренко, И. В. Клименко, А. В. Нечай, В. Вл. Скалозуб // Тез. докл. V Международной науч.-практ. конф. «Современные информ. технологии на трансп., в пром-сти и образовании». – Д., 2011. – С. 63–65.
8. Прогнозирование остаточного ресурса ходовых частей подвижного состава, исчерпавших свой срок / А. В. Донченко, Л. С. Ольгард, С. В. Бондарев, Л. Г. Волков // Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Д., 2007. – Вип. 15. – С. 83–87.
9. Сергеева, Л. Н. Моделирование динамики спроса на услуги высших учебных заведений на основании обобщенного логистического отображения / Л. Н. Сергеева, Т. Ю. Огаренко // Тез. докл. II Международной науч.-практ. конф. «Современные проблемы моделирования социально-эконом. систем». – Запорожье, 2010. – С. 97–100.
10. Сергеева, Л. Н. Нелинейная экономика: модели и методы / Л. Н. Сергеева. – Запорожье : Полиграф, 2003. – 218 с.
11. Скалозуб, В. В. Обобщенная модель логистического отображения для анализа и интерпретации свойств временных рядов процессов управления / В. В. Скалозуб, И. В. Клименко // Тез. докл. науч.-практ. конф. «Екон. кібернетика: реалії часу». – Д., 2012. – С. 125–129.
12. Тимохин, В. Н. Методология моделирования экономической динамики / В. Н. Тимохин. – Донецк : ООО «Юго-Восток Лтд», 2007. – 269 с.
13. Ahmad, S. Some Solutions to the Missing Feature Problem in Vision / S. Ahmad, V. Tresp // Neural Information Processing Systems. – 1993. – № 5. – P. 393–440.
14. Mandziuk, J. Chaotic time series prediction with feed-forward and recurrent neural nets / J. Mandziuk, R. Mikołajczak // Control and Cybernetics. – 2002. – № 2. – P. 383–406.
15. Kadirkamanathan, V. Nonlinear Adaptive Filtering in Nonstationary Environments / V. Kadirkamanathan, M. Niranjan // Proc. of the Intern. Conf. on Acoustics, Speech and Signal Processing. – Cambridge, 1991. – P. 2177–2180.

МОДЕЛЮВАННЯ ЗАДАЧ ТРАНСПОРТУ ТА ЕКОНОМІКИ

В. В. СКАЛОЗУБ¹, В. Є. БЕЛОЗЬОРОВ², І. В. КЛИМЕНКО³, Б. Б. БІЛИЙ^{4*}¹Каф. «Комп'ютерні та інформаційні технології», Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, Дніпропетровськ, Україна, 49010, тел. +38 (056) 373 15 35, ел. пошта skalozub_vl_v@mail.ru²Каф. «Інформаційні технології», Дніпропетровський національний університет імені Олеса Гончара, пр. Гагаріна, 72, м. Дніпропетровськ, 49010, тел. +38 (050) 276 74 22, ел. пошта belozvye@mail.ru³Каф. «Комп'ютерні та інформаційні технології», Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, Дніпропетровськ, Україна, 49010, тел. +38 (056) 373 15 35, ел. пошта vanya_tk@mail.ru^{4*}Каф. «Комп'ютерні та інформаційні технології», Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, Дніпропетровськ, Україна, 49010, тел. +38 (056) 373 15 35, ел. пошта beliyboris@mail.ru**МОДЕЛЮВАННЯ Й ПРОГНОЗУВАННЯ ПРОЦЕСІВ НА ОСНОВІ
УЗАГАЛЬНЕНОГО ЛОГІСТИЧНОГО ВІДОБРАЖЕННЯ**

Мета. Метою виконаних досліджень була побудова моделі узагальненого логістичного відображення та оцінка можливостей її використання для формування математичного опису, а також проведення оперативних прогнозів параметрів складних динамічних процесів, описуваних часовими рядами. **Методика.** Результати досліджень отримані на основі математичного та імітаційного моделювання нелінійних систем із використанням інструментарію хаотичної динаміки. **Результати.** Запропоновано модель узагальненого логістичного відображення, яка застосовується для інтерпретації характеристик динамічних процесів. Розглянуто деякі приклади представлення процесів на основі узагальненого логістичного відображення при варіаціях величин параметрів моделі. Запропоновано процедури моделювання та інтерпретації даних про досліджувані процеси, представлені часовими рядами, а також оперативного прогнозування їх параметрів, що використовують моделі узагальненого логістичного відображення. **Наукова новизна.** У статті запропоновано вдосконалену математичну модель та узагальнене логістичне відображення, призначені для дослідження нелінійних дискретних динамічних процесів. **Практична значимість.** Проведені з використанням узагальненого логістичного відображення дослідження процесів залізничного транспорту, зокрема за оцінкою параметрів вагонопотоків, свідчать про значні можливості його застосування на практиці для вирішення завдань аналізу, моделювання та прогнозування складних нелінійних дискретних динамічних процесів. Запропонована модель може використовуватися при обліку умов невизначеності, нерегулярності, прояву хаотичної природи технічних, економічних та інших процесів, у тому числі залізничного транспорту.

Ключові слова: прогнозування; узагальнене логістичне відображення; імітаційне моделювання нелінійних систем; ітерації характеристики динамічних процесів

V. V. SKALUZUB¹, V. E. BELOZEROV², I. V. KLIMENKO³, B. B. BELYI^{4*}¹Dep. «Computer and Information Technology», Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan, Lazaryan St., 2, Dnipropetrovsk, Ukraine, 49010, tel. +38 (056) 373 15 35, e-mail skalozub_vl_v@mail.ru²Dep. «Information Technology», Oles Gonchar Dnipropetrovsk National University, Gagarin Av., 72, Dnipropetrovsk, 49010, tel. +38 (050) 276 74 22, e-mail belozvye@mail.ru³Dep. «Computer and Information Technology», Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan, Lazaryan St., 2, Dnipropetrovsk, Ukraine, 49010, tel. +38 (056) 373 15 35, e-mail vanya_tk@mail.ru^{4*}Dep. «Computer and Information Technology», Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan, Lazaryan St., 2, Dnipropetrovsk, Ukraine, 49010, tel. +38 (056) 373 15 35, e-mail beliyboris@mail.ru**SIMULATION AND PREDICTION OF THE PROCESS BASED
ON THE GENERAL LOGISTIC MAPPING**

Purpose. The aim of the research is to build a model of the generalized logistic mapping and assessment of the possibilities of its use for the formation of the mathematical description, as well as operational forecasts of parameters of complex dynamic processes described by the time series. **Methodology.** The research results are obtained on the basis of mathematical modeling and simulation of nonlinear systems using the tools of chaotic dynamics. **Findings.** A model of the generalized logistic mapping, which is used to interpret the characteristics of dynamic

МОДЕЛЮВАННЯ ЗАДАЧ ТРАНСПОРТУ ТА ЕКОНОМІКИ

processes was proposed. We consider some examples of representations of processes based on enhanced logistic mapping varying the values of model parameters. The procedures of modeling and interpretation of the data on the investigated processes, represented by the time series, as well as the operational forecasting of parameters using the generalized model of logistic mapping were proposed. **Originality.** The paper proposes an improved mathematical model, generalized logistic mapping, designed for the study of nonlinear discrete dynamic processes. **Practical value.** The carried out research using the generalized logistic mapping of railway transport processes, in particular, according to assessment of the parameters of traffic volumes, indicate the great potential of its application in practice for solving problems of analysis, modeling and forecasting complex nonlinear discrete dynamical processes. The proposed model can be used, taking into account the conditions of uncertainty, irregularity, the manifestations of the chaotic nature of the technical, economic and other processes, including the railway ones.

Keywords: forecasting; generalized logistic mapping; simulation of nonlinear systems; iterated characteristics of dynamic processes

REFERENCES

1. Bezruchko B.P., Smirnov D.A. *Matematicheskoye modelirovaniye i khaoticheskiye vremennyye ryady* [Mathematical modeling and chaotic time series], Saratov, Gos. UNTs «Kolledzh» Publ., 2005. 320 p.
2. Bosov A.A., Ilman V.M. Strukturnaya slozhnost sistem [Structural complexity of systems]. *Visnyk Dnipropetrovskoho natsionalnoho universytetu zaliznychnoho transportu imeni akademika V. Lazariana* [Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan], 2012, issue 40, pp. 173-179.
3. Riznichenko G.Yu. Issledovaniya odnomernogo logisticheskogo otobrazheniya, rodstvennykh diskretnykh struktur i ikh ispolzovaniye v zadachakh dolgosrochnogo prognozirovaniya [Studies of one-dimensional logistic mapping, related discrete structures and their use in long-term forecasting tasks]. *Sbornik trudov XII mezhdunarodnoy konferentsii «Matematika. Kompyuter. Obrazovaniye»* [Proc. of the XII Int. Conf. «Mathematics. Computer. Education»]. Izhevsk, 2005, pp. 702-710.
4. Maksyshko N.K. *Modeliuvannia ekonomiky metodamy dyskretnoi nelineynoi dynamiky* [Economics modeling using the methods of discrete non-linear dynamics]. Zaporizhzhia, Polihraf Publ., 2009. 416 p.
5. Heiets V.M., Klebanova T.S., Cherniak O.I., Ivanov V.V., Dubrovina N.A., Stavytskyi A.V. *Modeli i metody sotsialno-ekonomichnoho prohozuvannia* [Models and methods of social and economic forecasting]. Kharkiv, VD «INZhEK» Publ., 2005. 396 p.
6. Nesterenko B.B., Novotarskiy M.A. Formalnyye sredstva dlya modelirovaniya slozhnykh diskretnykh sistem [Formal means for modeling of complex discrete systems]. *Visnyk Dnipropetrovskoho natsionalnoho universytetu zaliznychnoho transportu imeni akademika V. Lazariana* [Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan], 2007, issue 17, pp. 156-161.
7. Kramarenko H.A., Klymenko Y.V., Nechai A.V., Skalozub V.VI. Pro zastosuvannia metodu prohozuvannia na osnovi lohistychnoho vidobrazhennia dlia ekonomichnykh chasovykh riadiv iz dovhoterminovoiu pamiattiu [On the application of forecasting methods based on logistic mapping for economic historical series with long-term memory]. *Tezisy dokladov V Mezhdunarodnoi nauchno-praktycheskoi konferentsii «Sovremennyye informatsyonnyye tekhnologii na transporte, v promyshlennosti i obrazovanii»* [Abstracts of Papers of the V Int. Scientific and Practical Conf. «Modern information technologies on transport, in production and education»]. Dnipropetrovsk, 2011, pp. 63-65.
8. Donchenko A.V., Olgard L.S., Bondarev S.V., Volkov L.G. Prognozirovaniye ostatnochnogo resursa khodovykh chastey podvizhnogo sostava, ischerpavshikh svoj rok [Prediction of residual operation time of the running parts for rolling stock, which have exceeded their life]. *Visnyk Dnipropetrovskoho natsionalnoho universytetu zaliznychnoho transportu imeni akademika V. Lazariana* [Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan], 2007, issue 15, pp. 83-87.
9. Sergeeva L.N., Ogarenko T.Yu. Modelirovaniye dinamiki sprosa na uslugi vysshikh uchebnykh zavedeniy na osnovanii obobshchennogo logisticheskogo otobrazheniya [Modeling of the demand dynamics for the services of higher educational establishments based on the logistic mapping]. *Tezisy dokladov V Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoy konferentsii «Sovremennyye problemy modelirovaniya sotsialno-ekonomicheskikh sistem»* [Abstracts of Papers of the V Int. Sci. and Practical Conf. «Modern Problems of modeling of social and economic systems»]. Zaporozhye, 2010, pp. 97-100.
10. Sergeeva L.N. *Nelineynaya ekonomika: modeli i metody* [Non-linear economics: models and methods]. Zaporozhye, Poligraf Publ., 2003. 218 p.

МОДЕЛЮВАННЯ ЗАДАЧ ТРАНСПОРТУ ТА ЕКОНОМІКИ

11. Skalozub V.V., Klimenko I.V. Obobshchennaya model logisticheskogo otobrazheniya dlya analiza i interpretatsii svoystv vremennykh ryadov protsessov upravleniya [Generalized model of logistic mapping for analysis and interpretation of the historical series of management processes]. *Tezisy dokladov nauchno-praktycheskoi konferentsii «Ekonomichna kibernetika: realii chasu»* [Abstracts of Papers of Sci. and Practical Conf. «Economic Cybernetics: Time realias»]. Dnipropetrovsk, 2012, pp. 125-129.
12. Timokhin V.N. *Metodologiya modelirovaniya ekonomicheskoy dinamiki* [Modeling methodology of economic dynamics]. Donetsk, ООО «Yugo-Vostok Ltd» Publ., 2007. 269 p.
13. Ahmad S., Tresp V. Some Solutions to the Missing Feature Problem in Vision. *Neural Information Processing Systems*, 1993, no. 5, pp. 393-440.
14. Mandziuk J., Mikolajczak R. Chaotic time series prediction with feed-forward and recurrent neural nets. *Control and Cybernetics*, 2002, no. 2, pp. 383-406.
15. Kadiramanathan V., Niranjan M. Nonlinear Adaptive Filtering in Nonstationary Environments. Proc. of the Int. Conf. on Acoustics, Speech and Signal Processing. Cambridge, 1991, pp. 2177-2180.

Статья рекомендована к публикации д.т.н., проф. А. И. Михалевым (Украина); д.т.н., проф. С. А. Пичуговым (Украина)

Поступила в редколлегию 09.09.2013

Принята к печати 06.11.2013

НЕТРАДИЦІЙНІ ВИДИ ТРАНСПОРТУ

УДК [625.576:539.37]–047.58

С. В. РАКША¹, Ю. К. ГОРЯЧЕВ², О. С. КУРОП'ЯТНИК^{3*}

¹Каф. «Прикладна механіка», Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, Дніпропетровськ, Україна, 49010, тел. +38 (056) 373 15 18, ел. пошта raksha@ukr.net

²Каф. «Прикладна механіка», Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, Дніпропетровськ, Україна, 49010, тел. +38 (056) 373 15 18

^{3*}Каф. «Прикладна механіка», Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, Дніпропетровськ, Україна, 49010, тел. +38 (056) 373 15 18, ел. пошта kuropyatnick@gmail.com

АНАЛІЗ ВПЛИВУ ПРУЖНИХ ДЕФОРМАЦІЙ НЕСУЧОГО КАНАТА НА ЗУСИЛЛЯ В ТЯГОВОМУ КАНАТІ ПІДВІСНОЇ ДОРОГИ

Мета. Оцінка впливу пружних деформацій несучого каната, які виникають під час руху вагона, на зусилля в тяговому канаті підвісної дороги. **Методика.** Для дослідження впливу пружних деформацій несучого каната на зусилля в тяговому канаті використовувався метод послідовних наближень. При цьому визначення натягу несучого каната здійснювалось із використанням методики, яка ґрунтується на принципах модульного компонування. Її сутність полягає у формуванні математичної моделі шляхом сполучення блоків формул, що описують рівновагу несучого каната на опорах. **Результати.** Аналіз отриманих результатів показав, що ряди послідовно визначених величин горизонтальної складової натягу несучого каната збігаються в четвертому наближенні (деякі й раніше) з точністю 0,1 %. Це вказує на можливість не враховувати зміни довжини несучого каната через пружні властивості під час моделювання навантаженості елементів контура «привод – тяговий канат – натяжний пристрій». Також встановлено, що використання натяжного пристрою підвищує вплив пружних властивостей несучого каната на елементи канатної системи та систему «привод – тяговий канат – натяжний пристрій» у цілому. При цьому пружна складова натягу несучого каната в досліджуваному прогоні не залежить від положення вагона в суміжному прогоні, а визначається лише параметрами канатної системи. **Наукова новизна.** Доведена можливість не враховувати зміни довжини несучого каната через пружні властивості під час моделювання навантаженості елементів контура «привод – тяговий канат – натяжний пристрій». **Практична значимість.** Використання наведених методик та отриманих результатів дозволить спростити математичні моделі навантаженості елементів канатної системи підвісної дороги та системи «привод – тяговий канат – натяжний пристрій» у цілому.

Ключові слова: підвісні канатні дороги; канатна система; несучий канат; тяговий канат; напружено-деформований стан

Вступ

Усі варіанти реальних практичних розрахунків каната, який провисає під дією вагових навантажень, можна звести до розв'язання двох задач:

1) канат з натяжним пристроєм (зазвичай, розміщеним біля нижньої опорної точки), який характеризується певним робочим зусиллям G_0 ;

2) канат із закріпленими на опорних точках кінцями, для якого відома довжина в недеформованому стані L_k .

В обох задачах, окрім вказаних величин, задаються: довжина l та перепад висот h прогону, модуль пружності E та площа металевого перерізу каната F , зміна температури Δt .

НЕТРАДИЦІЙНІ ВИДИ ТРАНСПОРТУ

Метою розв'язання задач є визначення натягу та форми кривої провисання каната в прогоні з урахуванням пружних і температурних деформацій.

У роботах [1, 3, 6–13] розглядається як статика, так і динаміка підвісних канатних доріг. Проте не враховується взаємний вплив елементів канатної системи «несучий канат – тяговий канат» в умовах зміщення несучого каната уздовж опорних башмаків, який спричинений зміною навантаження на канат під час руху вагонів.

Вплив температурних деформацій на навантаженість несучого каната відображається в кількох аспектах. По-перше, зміна температури призводить до зміни об'єму. Оскільки довжина несучого каната підвісної дороги значно більша за площу поперечного перерізу, вважається, що температурна деформація відіб'ється у зміні довжини каната [3]

$$\Delta L_t = L_k \rho_t \Delta t,$$

де ρ_t – коефіцієнт температурної деформації; Δt – зміна температури відносно початкового стану.

Зміна довжини каната впливає на його початкову жорсткість, тому під час аналізу напружено-деформованого стану каната слід використовувати замість L_k величину $L_{kt} = L_k \pm \Delta L_t$ (знак «+» у разі збільшення довжини каната через температурну деформацію, «–» у разі її зменшення).

По-друге, вплив температури відбивається у зміні модуля пружності каната в цілому, який набуває вигляду функції двох змінних $E = E(\Delta t, \varepsilon)$, де ε – відносне значення пружної деформації, вплив якого не враховується під час виконання проектних розрахунків, але наявний у загальному випадку навантаження канатної системи [1].

Третій фактор впливу температурних деформацій – зміна погонної ваги каната [3]

$$q_t = q \frac{L_k}{L_k \pm \Delta L_t},$$

де q_t – уточнене значення погонної ваги каната.

Зазначені зміни мають взаємний вплив, а простежити їх комбінацію в межах канатної системи, більше того – контуру «привод – тяго-

вий канат – натяжний пристрій», є досить складним завданням з точки зору точного математичного формулювання. Тому перед виконанням досліджень доцільно перевірити вплив кожного з вказаних факторів на кінцевий результат відносно початкового (недеформованого) стану елементів канатної системи.

Щодо впливу зміни температури на напружено-деформований стан елементів канатної системи підвісної дороги слід зауважити, що період, який моделюється з метою дослідження навантаженості елементів контуру «привод – тяговий канат – натяжний пристрій», є порівняно невеликим (кілька хвилин), впродовж якого температура каната зміниться несуттєво, а отже, і вплив температурних деформацій є досить обмеженим. Це вказує на можливість не враховувати температурні деформації під час розв'язання сформульованих вище задач стосовно канатних систем підвісних доріг.

Згідно з [3] задачі розрахунку провисаючого каната можна вважати розв'язаними, якщо визначено параметр c ланцюгової лінії, яка є найбільш точною математичною моделлю непружного абсолютно гнучкого каната. Рівняння цієї кривої має вигляд

$$y(x) = c \operatorname{ch} \frac{x}{c}, \quad (1)$$

де x , y – абсциса та ордината певної точки кривої у плоскій декартовій системі координат.

Відомо [1], що заміна ланцюгової лінії параболою за умови провисання каната $f_{\max}/l \leq 0,1$ (що властиво більшості підвісних канатних доріг; $f_{\max}$ – найбільше значення стріли провисання каната у прогоні) призводить до похибки розрахунку, яка не перевищує 2...3 %, що є прийнятним з огляду на нормативний запас міцності каната. При цьому суттєво спрощуються математичні моделі та з'являється можливість отримання основних залежностей в аналітичному вигляді, що є доцільним з точки зору оцінки впливу кожної з вихідних величин на розв'язок вказаних вище задач. Тому подальше моделювання з достатньою точністю можна виконувати, вважаючи криву провисання каната параболою.

Особливістю канатної системи двоканатних підвісних доріг є наявність канатів двох видів: несучого, який виконує роль підвісної колії,

НЕТРАДИЦІЙНІ ВИДИ ТРАНСПОРТУ

уздовж якої рухаються вагони (або один вагон), та тягового, який забезпечує рух вагонів, передаючи тягове зусилля від привода. При цьому кількість канатів кожного виду може бути різною (наприклад, канатні системи більшості двоканатних пасажирських підвісних доріг мають один несучий і два тягові канати; також бувають конструкції з двома несучим канатами). У систему, якій властивий взаємний вплив елементів, їх об'єднує вагон, який перекочується колесами по несучому канату, а тяговий канат прикріплений до нього шарнірно. Тому постає питання щодо оцінки впливу зусилля в несучому канаті, яке зумовлюється вказаними вище величинами l , h , E , F та його власною вагою $q_n L_k$ (q_n – погонна вага каната), на навантаженість тягового каната, а отже, й усіх елементів контуру «привод – тяговий канат – натяжний пристрій».

Мета

Метою цієї роботи є оцінка впливу пружних деформацій несучого каната, які виникають під час руху вагона, на зусилля в тяговому канаті маятникової підвісної дороги.

Методика

Згідно з Правилами [5] під час виконання розрахунку тягового каната необхідно враховувати робоче зусилля натяжного пристрою, складові натягу каната від власної ваги та ваги рухомого складу (вагонів), опори в натяжних пристроях, опорних роликах і шківів на станціях. При цьому складовою натягу каната від ваги рухомого складу вважається опір переміщенню вагонів, який залежить, зокрема, від кута підйому вагона (γ). Враховуючи вплив параметрів тягового каната на форму кривої провисання несучого каната, величину γ можна визначити з умови [4]

$$\operatorname{tg} \gamma = \operatorname{tg} \beta + \frac{P \cos \beta + (q_n + q_t) l}{2H \cos \beta} \left(1 - 2 \frac{x}{l} \right), \quad (2)$$

де β – кут нахилу хорди прогону ($\operatorname{tg} \beta = h/l$); P – вага вагона; q_n , q_t – погонна вага несучого та тягового канатів відповідно; H – горизонтальна складова натягу несучого каната.

У загальному випадку зусилля в тяговому канаті може бути визначено за формулою [4]

$$T = PC_p \cos \gamma + P \sin \gamma + W, \quad (3)$$

де C_p – коефіцієнт опору руху вагона; W – складова натягу каната від власної ваги з урахуванням опорів у натяжних пристроях, опорних роликах і шківів на станціях;

$$W = T_0 + q_t (h + fl), \quad (4)$$

де T_0 – робоче зусилля натяжного пристрою, яке сприймається однією віткою тягового каната; f – коефіцієнт опору руху тягового каната.

Вплив пружних деформацій несучого каната відбивається в збільшенні його довжини, а отже, зменшенні натягу. Із виразу (2) видно, що зменшення натягу несучого каната (також горизонтальної складової H цієї величини) призведе до збільшення кута підйому вагона, що, згідно з формулою (3), підвищить навантаженість тягового каната.

Під час розв'язання задач статички провисаючого каната вплив його пружних властивостей можна оцінити, використовуючи метод послідовних наближень, особливість якого щодо розв'язання задач вказаного типу полягає в реалізації такого алгоритму [3]:

1) за вихідними даними (довжина l та перепад висот h прогонів, модуль пружності E та площа металевих перерізів каната F , а також робоче зусилля натяжного пристрою G_0) визначити (якщо не задано) довжину каната в недеформованому стані L_k ;

2) визначити середній натяг каната в недеформованому стані за формулою

$$T_{\text{ср}0} = 0,5(T_{\text{max}0} + T_{\text{min}0}), \quad (5)$$

де $T_{\text{max}0}$, $T_{\text{min}0}$ – найбільша й найменша величини натягу, які властиві найвищій та найнижчій точкам кривої провисання каната відповідно;

$$T_{\text{max}0} = H_0 \sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha_0^B}, \quad (6)$$

$$T_{\text{min}0} = H_0,$$

де H_0 – горизонтальна складова натягу каната в недеформованому стані; α_0^B – кут нахилу дотичної до кривої провисання несучого каната в найвищій її точці;

НЕТРАДИЦІЙНІ ВИДИ ТРАНСПОРТУ

3) визначити пружне видовження каната в першому наближенні за формулою

$$\Delta L_1 = L_k \frac{T_{\text{сер}0}}{EF}; \quad (7)$$

4) визначити уточнене значення довжини каната в першому наближенні за формулою

$$L_{k1} = L_k + \Delta L_1; \quad (8)$$

5) визначити уточнене значення максимального натягу в першому наближенні за формулою

$$T_{\text{max}1} = H_1 \sqrt{1 + \text{tg}^2 \alpha_1^B}, \quad (9)$$

де H_1 , α_1^B – уточнені значення відповідних величин у першому наближенні, формули для розрахунку яких залежать від умов задачі (канат з натяжним пристроєм чи із закріпленими кінцями);

6) визначити відхилення уточненого значення максимального натягу каната за першим наближенням від максимального натягу каната в недеформованому стані за формулою

$$\Delta T_1 = \frac{|T_{\text{max}1} - T_{\text{max}0}|}{T_{\text{max}0}} 100\%; \quad (10)$$

7) якщо $\Delta T_1 > \xi$ (зазвичай приймають $\xi \leq 1\%$ [1]), повторити розрахунки п. 3–7, використовуючи формули (7)–(10) у такому вигляді:

$$\Delta L_i = L_k \frac{T_{\text{сер}i-1}}{EF}; \quad (7a)$$

$$L_{ki} = L_k + \Delta L_i; \quad (8a)$$

$$T_{\text{max}i} = H_i \sqrt{1 + \text{tg}^2 \alpha_i^B}; \quad (9a)$$

$$\Delta T_i = \frac{|T_{\text{max}i} - T_{\text{max}i-1}|}{T_{\text{max}i-1}} 100\%, \quad (10a)$$

де $i = \overline{2, n}$ – порядок наближення розрахунку (розрахунок виконується для n наближень, доки $\Delta T_i > \xi$).

Розглянемо вплив деформацій несучого каната на навантаженість тягового каната (а отже, й усіх елементів контуру «привод – тяговий канат – натяжний пристрій») на прикладі підви-

сної канатної дороги маятникового типу з такими характеристиками:

– параметри профілю (рис. 1): перший прогін – $l_1 = 50$ м; $\beta_1 = 10^\circ$; другий прогін – $l_2 = 75$ м; $\beta_2 = 5^\circ$;

– вага завантаженого вагона $P = 50$ кН;

– погонна вага несучого та тягового канатів у недеформованому стані $q_n = 0,1263$ кН/м ($\varnothing 47$ мм за ГОСТ 7675-73) та $q_t = 0,01635$ кН/м ($\varnothing 21$ мм за ГОСТ 2688-80) відповідно;

– модуль пружності та площа поперечного перерізу несучого каната $E = 1,6 \cdot 10^5$ МПа та $F = 1476,62$ мм² відповідно;

– робоче зусилля натяжного пристрою: до несучого каната $G_0 = 460$ кН; до тягового каната $T_0 = 56,5/2 = 28,25$ кН (зусилля 56,5 кН, яке розвиває натяжний пристрій, сприймається двома вітками каната);

– коефіцієнти опору до формул (3) та (4) $C_p = 0,02$ [1], $f = 0,0065$ [4];

– відносне провисання несучого каната в обох прогонах вважаємо однаковим і рівним 0,02.

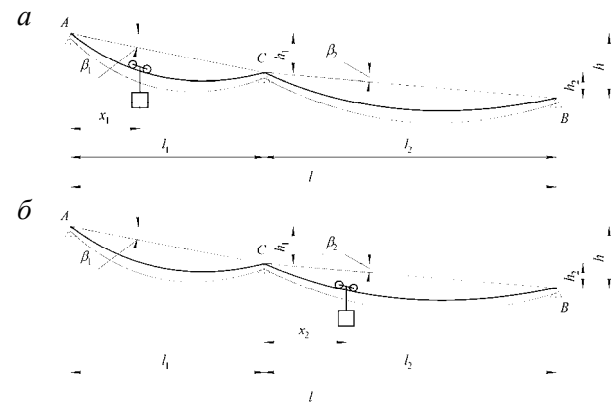


Рис. 1. Профіль дороги:

а – вагон у першому прогоні; б – вагон у другому прогоні

Розглянемо дві задачі: 1 – кінці несучого каната закріплені в точках А і В; 2 – у точці В несучий канат натягнуто пристроєм з робочим зусиллям G_0 . В обох випадках передбачено вільне переміщення каната уздовж опорного башмака, шарнірно закріпленого в точці С; коефіцієнт тертя в парі «несучий канат – опорний башмак» приймаємо $\mu = 0,16$.

Із точки А (верхня приводна станція) до точки В (нижня натяжна станція) рухається вагон вагою P . При цьому несучий канат зміщується

НЕТРАДИЦІЙНІ ВИДИ ТРАНСПОРТУ

уздовж опорного башмака (точка C) для забезпечення статичної рівноваги двох відрізків каната AC і BC , один з яких завантажено рівномірно розподіленою вагою q_n (погонна вага каната) та зосередженою силою P , інший – лише вагою q_n . Вважаючи лінію контакту каната з башмаком (у площині поздовжнього профілю дороги) дугою кола, можна записати умову рівноваги відрізків AC і BC на опорі C у вигляді

$$T_1^H = T_2^B \exp \mu \varphi, \quad (11)$$

де T_1^H , T_2^B – зусилля в несучому канаті біля нижньої опори першого прогону та біля верхньої опори другого прогону відповідно; $\varphi = \alpha_2^B - \alpha_1^H$ – кут взаємодії каната з башмаком; α_1^H , α_2^B – кути нахилу дотичних до кривої провисання несучого каната біля нижньої опори першого прогону та верхньої опори другого прогону відповідно (точка C).

Рівняння (11) відповідає руху вагона в першому прогоні. Коли розглядається рух вагона в другому прогоні, воно має бути записано у вигляді $T_2^B = T_1^H \exp \mu \varphi$, оскільки при цьому змінюється напрямок переміщення каната.

Для визначення величини натягу несучого каната, а через неї і довжини каната в недеформованому стані використаємо принцип модульного компонування [2], який полягає в поданні окремих випадків навантаження каната системами рівнянь, які далі об'єднуються в загальну математичну модель з умовами зв'язку вигляду (11) і виразами, що враховують наявність та особливості розміщення натяжного пристрою до несучого каната.

Для кожної із задач згідно з положеннями роботи [2] складено по дві математичні моделі, які відповідають переміщенню вагона в першому та другому прогонах.

У разі відсутності натяжного пристрою до несучого каната (кінці закріплені в точках A і B ; див. рис. 1) при переміщенні вагона в першому прогоні математична модель складається з таких рівнянь:

$$H_1 \sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha_1^H} = H_2 \sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha_2^B} \times \exp \left(\mu \operatorname{arctg} \frac{\operatorname{tg} \alpha_2^B - \operatorname{tg} \alpha_1^H}{1 + \operatorname{tg} \alpha_2^B \operatorname{tg} \alpha_1^H} \right); \quad (12)$$

$$\operatorname{tg} \alpha_1^H = \operatorname{tg} \beta_1 - \frac{q_n l_1}{2 H_1 \cos \beta_1} (1 + 2 k_1 \delta_1); \quad (13)$$

$$\operatorname{tg} \alpha_2^B = \operatorname{tg} \beta_2 + \frac{q_n l_2}{2 H_2 \cos \beta_2}; \quad (14)$$

$$L_K = \left[\frac{l_1}{\cos \beta_1} + \frac{q_n^2 l_1^3 \cos \beta_1}{24 H_1^2} (1 + 12 \delta_1 (1 - \delta_1) (k_1^2 + k_1)) \right] + \left[\frac{l_2}{\cos \beta_2} + \frac{q_n^2 l_2^3 \cos \beta_2}{24 H_2^2} \right], \quad (15)$$

де H_1 , H_2 – горизонтальні складові натягу несучого каната в першому та другому прогонах відповідно; β_1 , β_2 , l_1 , l_2 – кут нахилу хорди й довжина першого та другого прогонів відповідно; $k_1 = P \cos \beta_1 / q_n l_1$ – коефіцієнт, який враховує вплив ваги вагона P на форму кривої провисання несучого каната; $\delta_1 = x_1 / l_1$ – відносна координата вагона в першому прогоні (x_1 – абсциса вагона в плоскій декартовій системі координат; див. рис. 1, а).

За умови переміщення вагона в другому прогоні математична модель має вигляд

$$H_2 \sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha_2^B} = H_1 \sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha_1^H} \times \exp \left(\mu \operatorname{arctg} \frac{\operatorname{tg} \alpha_2^B - \operatorname{tg} \alpha_1^H}{1 + \operatorname{tg} \alpha_2^B \operatorname{tg} \alpha_1^H} \right); \quad (16)$$

$$\operatorname{tg} \alpha_1^H = \operatorname{tg} \beta_1 - \frac{q_n l_1}{2 H_1 \cos \beta_1}; \quad (17)$$

$$\operatorname{tg} \alpha_2^B = \operatorname{tg} \beta_2 + \frac{q_n l_2}{2 H_2 \cos \beta_2} [1 + 2 k_2 (1 - \delta_2)]; \quad (18)$$

$$L_K = \left[\frac{l_2}{\cos \beta_2} + \frac{q_n^2 l_2^3 \cos \beta_2}{24 H_2^2} (1 + 12 \delta_2 (1 - \delta_2) (k_2^2 + k_2)) \right] + \left[\frac{l_1}{\cos \beta_1} + \frac{q_n^2 l_1^3 \cos \beta_1}{24 H_1^2} \right], \quad (19)$$

де $k_2 = P \cos \beta_2 / q_n l_2$; $\delta_2 = x_2 / l_2$ (див. рис. 1, б).

У разі розташування натяжного пристрою до несучого каната на нижній станції (таке розташування є звичайним для більшості підвісних канатних доріг) наведені вище математичні моделі зазнають змін лише щодо рівнянь (15) та

НЕТРАДИЦІЙНІ ВИДИ ТРАНСПОРТУ

(19). Замість них слід враховувати умову статичної рівноваги каната в точці B (див. рис. 1), яка матиме такий вигляд:

$$H_2 \sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha_2^H} = G_0 k_0, \quad (20)$$

де k_0 – коефіцієнт, який враховує опори в натяжному пристрої до несучого каната та відповідних відхиляючих елементах (шків, башмаки тощо).

За умови переміщення вагона в першому прогоні

$$\operatorname{tg} \alpha_2^H = \operatorname{tg} \beta_2 - \frac{q_H l_2}{2H_2 \cos \beta_2}, \quad (21)$$

в іншому разі

$$\operatorname{tg} \alpha_2^H = \operatorname{tg} \beta_2 - \frac{q_H l_2}{2H_2 \cos \beta_2} (1 + 2k_2 \delta_2). \quad (22)$$

З формул (15) та (19) видно, що довжина каната в нерозтягнутому стані, яка надалі підлягає уточненню з урахуванням пружних і температурних деформацій, залежить не стільки від зусилля в канаті, як від горизонтальної складової цієї величини, тому аналіз впливу деформацій на навантаженість як несучого, так і тягового каната здійснюємо саме за параметром H . Доцільність такого підходу підтверджується й виразом (2), згідно з яким кут підйому вагона залежить від величини H .

За наведеним вище алгоритмом визначаємо горизонтальну складову зусилля в несучому канаті з урахуванням пружних деформацій $H_{\text{пр}}$, після чого розраховуємо відхилення цієї

величини від такої для недеформованого стану каната за формулою

$$\Delta H = \frac{|H_{\text{пр}} - H|}{H} 100 \%. \quad (23)$$

Результати

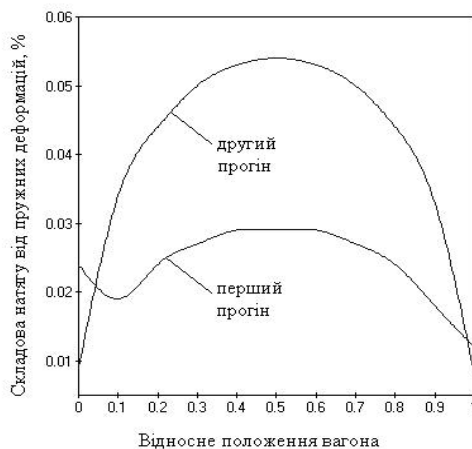
Аналіз отриманих результатів показав, що ряди послідовно визначених величин горизонтальної складової натягу збігаються в четвертому наближенні (деякі й раніше) з точністю $\xi \leq 0,1 \%$.

В останньому наближенні відхилення ΔH вважаємо складовою натягу несучого каната від пружних деформацій.

Графіки зміни відхилення ΔH під час переміщення вагона в першому та другому прогонах за наявності натяжного пристрою до несучого каната і без нього наведено на рис. 2, 3.

Результати аналізу отриманих даних вказано в табл. 1, де прийнято такі позначення: ΔH_1 , ΔH_2 – складова натягу несучого каната від пружних деформацій у першому та другому прогонах відповідно; ΔT_t – відхилення зусилля в тяговому канаті, визначеного з урахуванням зміни кута підйому вагона через пружну деформацію несучого каната в четвертому наближенні, від такого для несучого каната в недеформованому стані; «Без НП» – кінці несучого каната закріплені в точках A і B (див. рис. 1) без використання натяжного пристрою (НП); «НП-низ» – використання натяжного пристрою несучого каната з його розміщенням на нижній станції (точка B ; див. рис. 1).

a



б

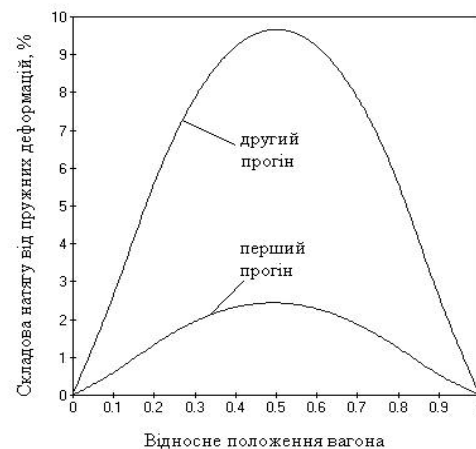


Рис. 2. Вплив пружних деформацій на навантаженість несучого каната без НП:

a – прогони з вагоном; *б* – прогони без вагона

НЕТРАДИЦІЙНІ ВИДИ ТРАНСПОРТУ

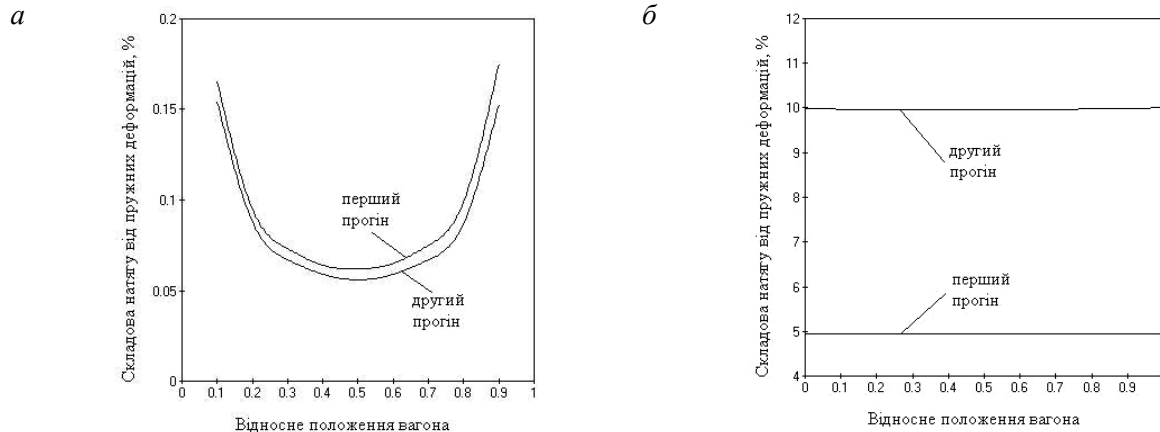


Рис. 3. Вплив пружних деформацій на навантаженість несучого каната з НП-низ:

а – прогони з вагоном; б – прогони без вагона

Таблиця 1

Значення показників впливу пружних деформацій на зусилля в несучому і тяговому канатах, %

Показник	Без НП		НП-низ	
	перший прогін	другий прогін	перший прогін	другий прогін
ΔH_1	0,029	9,668	0,175	10,005
ΔH_2	2,441	0,054	0,933	0,154
ΔT_T	0,009	0,005	0,565	0,305

Наукова новизна та практична значимість

Доведена можливість не враховувати зміни довжини несучого каната через пружні властивості під час моделювання навантаженості елементів контуру «привод – тяговий канат – натяжний пристрій».

Використання наведених методик та отриманих результатів дозволить спростити математичні моделі навантаженості елементів канатної системи підвісної дороги та системи «привод – тяговий канат – натяжний пристрій» в цілому.

Висновки

1. З табл. 1 видно, що вплив пружних деформацій несучого каната на зусилля в тяговому канаті є незначним (менше 1 %), що вказує на можливість не враховувати зміни довжини несучого каната через пружні властивості під час моделювання навантаженості елементів контуру «привод – тяговий канат – натяжний пристрій».

2. Наявність натяжного пристрою підвищує вплив пружних властивостей несучого каната на елементи канатної системи та систему в цілому. Однак з рис. 3, б видно, що в прогонах за відсутності вагона величина ΔH майже не змінюється. Це вказує на те, що вона не залежить від положення вагона в суміжному прогоні, а визначається лише параметрами канатної системи.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- Беркман, М. Б. Подвесные канатные дороги / М. Б. Беркман. – М. : Машиностроение, 1984. – 264 с.
- Горячев, Ю. К. Применение принципа модульной компоновки к математическому моделированию нагруженности несущего каната маятниковой подвесной дороги / Ю. К. Горячев, А. С. Куропятник // Зб. наук. пр. ПолтНТУ. Серія «Галузеве машинобудування, буд-во». – 2010. – № 2 (27). – С. 205–214.
- Патарая, Д. И. Расчет и проектирование канатных систем на примере подвесных дорог / Д. И. Патарая. – Тбилиси : Мецниерба, 1991. – 103 с.
- Построение диаграмм окружных усилий привода маятниковой подвесной канатной дороги / Ю. К. Горячев, Л. Г. Сванидзе, А. С. Куропятник и др. // Подъемно-транспортная техника. – 2010. – № 4. – С. 56–63.
- Правила устройства и безопасной эксплуатации пассажирских подвесных канатных дорог (ППКД): Утв.: Госгортехнадзор СССР 28.05.74 / Госгортехнадзор СССР. – М. : Металлургия, 1975. – 56 с.
- Результаты исследований динамических процессов системы управления асинхронного час-

НЕТРАДИЦІЙНІ ВИДИ ТРАНСПОРТУ

- тотного электропривода маятниковых подвесных канатных дорог с промежуточными опорами / Б. М. Чунашвили, М. И. Кобаля, А. М. Петросян и др. // *Електромеханічні і енергозберігаючі системи*. – 2012. – № 3 (19). – С. 452–453.
7. Сологуб, Б. В. Аналіз конструктивних особливостей та основи синтезу пасажирських доріг з тягово-несним канатом / Б. В. Сологуб // *Наук. вісн. Херсон. держ. морської акад.* – 2012. – № 2 (7). – С. 206–216.
 8. Чунашвили, Б. М. Диаграмма нагрузки электроприводов маятниковых подвесных канатных дорог / Б. М. Чунашвили, М. И. Кобаля // *Вестн. Нац. технического ун-та «ХПИ»*. – 2002. – № 12. – С. 85–86.
 9. Knawa, M. Effects of dynamic loads acting on carrying cable in operating ropeway / M. Knawa, D. Bryja // *Proc. in Applied Mathematics and Mechanics*. – 2008. – Vol. 8, iss. 1. – P. 10297–10298.
 10. Kopanakis, G. A. Oscillations in ropeways / G. A. Kopanakis // *Part 1. Intern. Ropeway Review*. – 2011. – № 6. – P. 48–50.
 11. Kopanakis, G. A. Oscillations in ropeways / G. A. Kopanakis // *Part 2, 3. Intern. Ropeway Review*. – 2012. – № 1. – P. 46–49.
 12. Kopanakis, G. A. Oscillations in ropeways / G. A. Kopanakis // *Part 4. Intern. Ropeway Review*. – 2012. – № 3. – P. 63–66.
 13. Nejez, J. Cableway oscillation problems / J. Nejez // *Intern. Ropeway Review*. – 2011. – № 6. – P. 47.

С. В. РАКША¹, Ю. К. ГОРЯЧЕВ², А. С. КУРОПЯТНИК^{3*}

¹Каф. «Прикладная механика», Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, Днепропетровск, Украина, 49010, тел. +38 (056) 373 15 18, эл. почта raksha@ukr.net

²Каф. «Прикладная механика», Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, Днепропетровск, Украина, 49010, тел. +38 (056) 373 15 18

^{3*}Каф. «Прикладная механика», Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, Днепропетровск, Украина, 49010, тел. +38 (056) 373 15 18, эл. почта kuropyatnick@gmail.com

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ УПРУГИХ ДЕФОРМАЦИЙ НЕСУЩЕГО КАНАТА НА УСИЛИЯ В ТЯГОВОМ КАНАТЕ ПОДВЕСНОЙ ДОРОГИ

Цель. Оценка влияния упругих деформаций несущего каната, возникающих при движении вагонов, на усилие в тяговом канате подвесной дороги. **Методика.** Для исследования влияния упругих деформаций несущего каната на усилие в тяговом канате использовался метод последовательных приближений. При этом определение натяжения несущего каната осуществлялось с использованием методики, основанной на принципах модульной компоновки, суть которой состоит в формировании математической модели путем сочетания блоков формул, описывающих равновесие несущего каната на опорах. **Результаты.** Анализ полученных результатов показал, что ряды последовательно определенных величин горизонтальной составляющей натяжения несущего каната сходятся в четвертом приближении (некоторые и раньше) с точностью 0,1 %. Это указывает на возможность не учитывать изменение длины несущего каната, обусловленное его упругими свойствами, при моделировании нагруженности элементов системы «привод – тяговый канат – натяжное устройство». Также установлено, что использование натяжного устройства увеличивает влияние упругих свойств несущего каната на элементы канатной системы и системы «привод – тяговый канат – натяжное устройство» в целом. При этом упругая составляющая натяжения несущего каната в исследуемом пролете не зависит от положения вагона в смежном пролете, а определяется только параметрами канатной системы. **Научная новизна.** Доказана возможность не учитывать изменения длины несущего каната, обусловленные его упругими свойствами, при моделировании нагруженности элементов контура «привод – тяговый канат – натяжное устройство». **Практическая значимость.** Использование представленных методик и полученных результатов позволит упростить математические модели нагруженности элементов канатной системы подвесной дороги и системы «привод – тяговый канат – натяжное устройство» в целом.

Ключевые слова: подвесные канатные дороги; канатная система; несущий канат; тяговый канат; напряженно-деформированное состояние

S. V. RAKSHA¹, YU. K. GORYACHEV², A. S. KUROPYATNIK^{3*}¹Dep. «Applied Mechanics», Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan, Lazaryan St., 2, Dnipropetrovsk, Ukraine, 49010, tel. +38 (056) 373 15 18, e-mail raksha@ukr.net²Dep. «Applied Mechanics», Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan, Lazaryan St., 2, Dnipropetrovsk, Ukraine, 49010, tel. +38 (056) 373 15 18^{3*}Dep. «Applied Mechanics», Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan, Lazaryan St., 2, Dnipropetrovsk, Ukraine, 49010, tel. +38 (056) 373 15 18, e-mail kuropyatnick@gmail.com

INFLUENCE ANALYSIS OF ELASTIC DEFORMATIONS OF THE TRACK CABLE ON EFFORTS IN THE HAULING ROPE OF AERIAL ROPEWAY

Purpose. To estimate influence of elastic deformations of the track cable arising at movement of cars, on effort in a hauling rope of the aerial ropeway. **Methodology.** The method of consecutive approaches was used for research influence of elastic deformations of a track cable on effort in a hauling rope. Thus, definition of a tension of a track cable was carried out with use of the technique based on principles of modular configuration, the essence of which consists in formation of mathematical model by a combination of blocks of the formulas describing balance of the track cable on supports. **Findings.** The research has shown that influence of elastic deformations of a track cable on effort in a hauling rope was insignificant (less than 1 %). That points to possibility not to consider change of the track cable length, caused by its elastic properties, when modeling loading of elements of system «drive – traction rope – tension device». Also it has been found that use of the tension device of a track cable increased influence of its elastic properties on loading of rope system elements. At the same time the elastic component of the track cable tension in the test flight does not depend on a car position in the adjacent span, but only determines by the parameters of the rope system. **Originality.** The possibility of excluding the changes of track cable length caused by its elastic properties, when modeling loading of elements of system «drive – traction rope – tension device» was proved. **Practical value.** The use of these techniques and the results will simplify the mathematical model of loading of elements of the cable system and the system «drive – traction rope – tension device» as a whole.

Keywords: ropeway; rope system; track cable; hauling rope; stress-strain state

REFERENCES

1. Berkman M.B. *Podvesnyye kanatnyye dorogi* [Aerial cableways]. Moscow, Mashinostroeniye Publ., 1984. 264 p.
2. Goryachev Yu.K., Kuropyatnik A.S. *Primeneniye printsipa modulnoy komponovki k matematicheskomu modelirovaniyu nagruzhennosti nesushchego kanata mayatnikovoy podvesnoy dorogi* [Application of a principle of modular configuration to mathematical modeling of loading of a track cable of the aerial ropeway]. *Zbirnyk naukovykh prats PolNTU. Seriya «Haluzeve mashynobudivannia, budivnytstvo» – Bulletin of Poltava National Technical University. Series «Branch engineering, construction»*, 2010, no. 2 (27), pp. 205-214.
3. Pataraya D.I. *Raschet i proyektirovaniye kanatnykh sistem na primere podvesnykh dorog* [Calculation and design of rope systems on an example of aerial ropeway]. Tbilisi, Metsniyerba Publ., 1991. 103 p.
4. Goryachev Yu.K., Svanidze L.G., Kuropyatnik A.S., Suprunov V.F. *Postroyeniye diagramm okruzhnykh usiliy privoda mayatnikovoy podvesnoy kanatnoy dorogi* [Creation of charts of district efforts of a drive of a reversible aerial ropeway]. *Podyemno-transportnaya tekhnika – Handling Equipment*, 2010, no. 4, pp. 56-63.
5. *Pravila ustroystva i bezopasnoy ekspluatatsii passazhirskikh podvesnykh kanatnykh dorog* [Rules for the construction and safe operation of passenger aerial ropeways]. Moscow, Metallurgiya Publ., 1975. 56 p.
6. Chunashvili B.M., Kobaliya M.I., Petrosyan A.M., Tsereteli K.O. *Rezultaty issledovaniy dinamicheskikh protsessov sistema upravleniya asinkhronnogo chastotnogo elektroprivoda mayatnikovoykh podvesnykh kanatnykh dorog s promezhutochnymi oporami* [Results of the research of dynamic processes in the control system of asynchronous frequency electric drive of hanging pendulum ropeways with intermediate bearings]. *Elektromekhanichni i enerhozberihaiuchi systemy – Electrical and energy saving systems*, 2012, no. 3 (19), pp. 452-453.
7. Sologub B.V. *Analiz konstruktyvnykh osoblyvostei ta osnovy syntezy pasazhyrskykh dorih z tiahovo-nesnym kanatom* [The analysis of constructional features and a basis of synthesis of passenger roads with a traction-bearing rope]. *Naukovyi visnyk Khersonskoi derzhavnoi morskoi akademii – Scientific Bulletin of Kherson State Maritime Academy*, 2012, no. 2 (7), pp. 206-216.

НЕТРАДИЦІЙНІ ВИДИ ТРАНСПОРТУ

8. Chunashvili B.M., Kobaliya M.I. Diagramma nagruzki elektroprivodov mayatnikovykh podvesnykh kanatnykh dorog [Load diagram of electric pendulum ropeways]. *Vestnik Natsionalnogo tekhnicheskogo universiteta «KhPI» – Bulletin of the National Technical University «KhPI»*, 2010, no. 28, pp. 428-429.
9. Knawa M., Bryja D. Effects of dynamic loads acting on carrying cable in operating ropeway. *Proc. in Applied Mathematics and Mechanics*, 2008, vol. 8, issue 1, pp. 10297-10298.
10. Kopanakis G.A. Oscillations in ropeways. Part 1. *International Ropeway Review*, 2011, no. 6, pp. 48-50.
11. Kopanakis G.A. Oscillations in ropeways. Part 2, 3. *International Ropeway Review*, 2012, no. 1, pp. 46-49.
12. Kopanakis G.A. Oscillations in ropeways. Part 4. *International Ropeway Review*, 2012, no. 3, pp. 63-66.
13. Nejez J. Cableway oscillation problems. *International Ropeway Review*, 2011, no. 6, p. 47.

Стаття рекомендована до публікації д.т.н., проф. В. О. Заблудовським (Україна); д.т.н., проф. К. С. Заболотним (Україна)

Надійшла до редколегії 16.09.2013

Прийнята до друку 29.10.2013

ПРОМИСЛОВИЙ ТРАНСПОРТ

УДК 629.423.027.23-027.45

О. М. БОНДАРЄВ^{1*}, О. Є. КРИВЧИКОВ¹, Д. О. ЯГОДА¹, В. С. БОНДАРЄВА¹,
В. В. РЯДКОВСЬКИЙ²

^{1*}Каф. «Будівельна механіка», Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка
В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, Дніпропетровськ, Україна, 49010, тел./факс +38 (056) 793 19 08, ел. пошта
onildpps@gmail.com

¹Каф. «Будівельна механіка», Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка
В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, Дніпропетровськ, Україна, 49010, тел./факс +38 (056) 793 19 08, ел. пошта
onildpps@gmail.com

²Державна адміністрація залізничного транспорту України, вул. Тверська, буд. 5, Київ, Україна, 03680

ТЕОРЕТИЧНО-ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ОЦІНКА ПОКАЗНИКІВ МІЦНОСТІ СЕРЕДНІХ ПОПЕРЕЧНИХ БАЛОК РАМ ВІЗКІВ ПРИЧІПНИХ ВАГОНІВ ЕЛЕКТРОПОЇЗДІВ ЕР9М, ЕР9Е

Мета. Метою роботи є визначення чинників, які можуть сприяти появі тріщин у середніх поперечних балках рам візків причіпних вагонів, та розробка заходів із покращення показників міцності цих рам. **Методика.** Для досягнення поставленої мети були проведені наступні роботи: обстеження технічного стану несучих конструкцій рам візків причіпних вагонів; вимірювання твердості матеріалу за Брінеллем; визначення оцінки границь витривалості матеріалу середньої поперечної балки; проведення експериментальних випробувань із визначення рівнів зусиль та напружень, які створюються у вказаних балках в умовах експлуатації; розробка розрахункових моделей для теоретичного визначення рівнів напружень у середній поперечній балці; моделювання як звичайних, так і нештатних умов експлуатаційної навантаженості. **Результати.** На підставі аналізу отриманих результатів виявлено ситуації, при яких створюються найбільші рівні напружень; розроблено заходи з покращення показників міцності середніх поперечних балок рам візків причіпних вагонів. **Наукова новизна.** На підставі експериментальних та теоретичних досліджень виконано наукове супроводження робіт щодо розробки заходів із покращення показників міцності середніх поперечних балок рам візків причіпних вагонів. **Практична значимість.** Розроблені заходи з покращення показників міцності передані спеціалістам Укрзалізниці для їх впровадження під час виконання ремонтів електропоїздів указаних серій.

Ключові слова: розрахункові моделі; теоретичні розрахунки; електропоїзди ЕР9М; електропоїзди ЕР9Е; візки; поперечна балка; показники міцності; причіпні вагони

Вступ

Під час виконання деповських ремонтів вагонів електропоїздів серій ЕР9М, ЕР9Е у обсязі ПРЗ були випадки виявлення тріщин у середніх поперечних балках рам візків причіпних вагонів. З метою встановлення чинників, які можуть викликати утворення тріщин, було прийнято рішення про здійснення теоретично-експериментальних робіт з визначення рівнів навантажень та напружень, що

виникають у середніх поперечних балках рам візків причіпних вагонів в умовах експлуатації.

Мета

Метою роботи є визначення чинників, які можуть викликати утворення тріщин у середніх поперечних балках рам візків причіпних вагонів, та розробка заходів з покращення показників міцності цих балок.

ПРОМИСЛОВИЙ ТРАНСПОРТ

Методика

Для досягнення поставленої мети в ході виконання роботи спочатку було проаналізовано умови експлуатації несучих конструкцій рухомого складу [2]; далі здійснено обстеження технічного стану несучих конструкцій рам візків причіпних вагонів. Наступним етапом було вимірювання величини твердості за Брінеллем та визначення оцінки границь витривалості матеріалу середньої поперечної балки [5]; проведення експериментальних випробувань з визначення рівнів зусиль та напружень, які утворюються у вказаних балках в умовах експлуатації. Після цього розроблено розрахункові моделі [4, 7] для теоретичного визначення рівнів напружень у середній поперечній балці та моделювання як звичайних, так і нештатних умов експлуатаційної навантаженості.

Результати

На рис. 1 наведено загальний вигляд електропоїзда серії EP9M та дослідного вагона 548-05 моторвагонного депо Фастів Південно-Західної залізниці.



Рис. 1. Загальний вигляд електропоїзда серії EP9M (а) та причіпного вагона зав. № 548-05 (б)

Конструкція візка причіпного вагона (КВЗ-ЦНИИ) [1, 3, 10] (рис. 2) безщелепна на підшипниках кочення з гідравлічними гасниками коливань у центральному підвішуванні. Вона складається з рами, чотирьох буксових підвішувань, двох колісних пар, центрального підвішування, важільно-гальмової передачі. Величина статичного прогину ресорного підвішування становить 200 мм при вазі брутто.

На рис. 3 вказано розташування місць утворення тріщин у поперечній балці рами візка причіпного вагона. Вони з'явилися на бічних стінках і мають довжину приблизно 40 мм, а на верхній полиці – 60 мм.

Працівники моторвагонного депо Фастів повідомили про те, що тріщини спостерігалися

також і в інших перерізах рами. Місця утворення цих тріщин відмічено точками У10, У11.

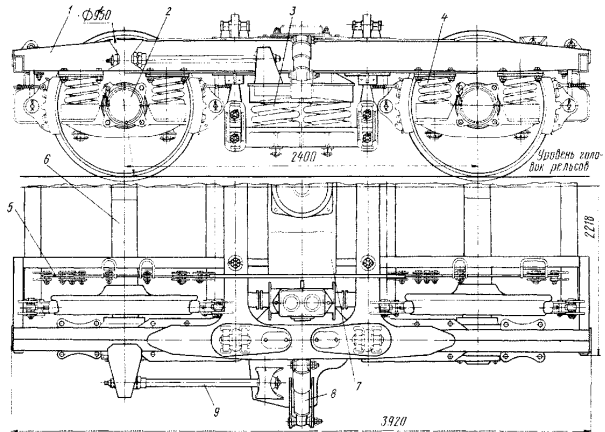


Рис. 2. Загальний вигляд візка причіпного вагона



Рис. 3. Розташування місць утворення тріщин у поперечній балці рами візка причіпного вагона зав. № 58 електропоїзда серії EP9M

З метою встановлення причин утворення вказаних тріщин спочатку було виконано роботу з визначення оцінки границі витривалості матеріалу середніх поперечних балок рами візка. Для цього було виконано вимірювання твердості. На рис. 4 вказано місця на поперечній балці, у яких вимірювалася твердість.

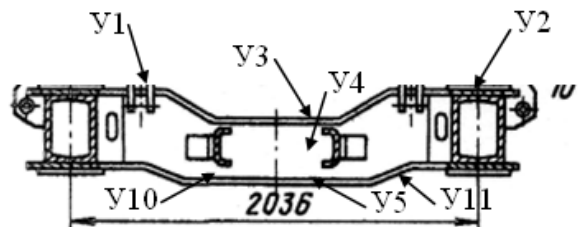


Рис. 4. Місця вимірювання твердості матеріалу балки

У табл. 1 наведено середні значення твердості НВ за Брінеллем для матеріалу поперечної балки в вказаних точках та їх середньоквадратичні відхилення.

ПРОМИСЛОВИЙ ТРАНСПОРТ

Таблиця 1

Значення твердості та їх середньоквадратичні відхилення S_{HB}

Показник	№ точки						
	У1	У2	У3	У4	У5	У10	У11
НВ	163	175	130	104	119	169	151
S_{HB}	3,3	2,2	3,4	1,6	2,9	3,7	4,5

Границі витривалості у вказаних точках визначаємо за співвідношенням, наведеним у [5], яке було запропоноване для рам візків електропоїздів серії EP1, EP2: $\sigma_{-1} = 1,65 \cdot HB \pm 70$, МПа

У табл. 2 наведено значення оцінки границь витривалості матеріалу середньої поперечної балки рами візка причіпного вагона електропоїзда серії EP9М (вагон зав. № 584-05)

Таблиця 2

Оцінка границь витривалості матеріалу середньої поперечної балки рами візка, МПа

Показник	№ точки						
	У1	У2	У3	У4	У5	У10	У11
σ_{-1} (min)	199	219,8	145	101	126	207	179
σ_{-1} (max)	339	358	285	241	266	347	319

Для технічної діагностики рухомого складу можуть застосовуватися також і методи комп'ютерної графіки [8, 11, 12].

Метою проведення динамічних міцнісних випробувань було визначення рівня навантаженості та показників міцності середніх поперечних балок рам візків причіпних вагонів електропоїзда серії EP9М в умовах експлуатації під час руху в режимах тяги, вибігу та гальмування з різними швидкостями по прямих ділянках колії, у кривих середніх ($350 \text{ м} < R_c < 650 \text{ м}$) та великих ($R_b > 650 \text{ м}$) радіусів і по стрілочних переводах [2, 3, 6].

На рис. 5 наведено схему розташування вимірювальних пристроїв, а на рис. 6–7 місця їх встановлення.

За допомогою датчиків У1-У11 вимірювалися динамічні складові напружень; R11, R12 –

динамічні складові вертикальних зусиль у буксовому ступені підвищування; R1, R2 – динамічні складові вертикальних зусиль у центральному підвищуванні; H_{B1} , H_{BH1} , H_{B2} , H_{BH2} – динамічні складові горизонтальних поперечних рамних зусиль.

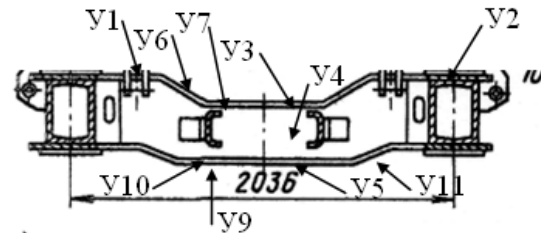


Рис. 5. Схема розташування тензорезисторів для вимірювання напружень

Після встановлення вимірювальних пристроїв у приміщенні цеху з ремонту моторвагонного рухомого складу депо було виконано статичні випробування. При цьому було визначено жорсткісні характеристики пружинних комплектів надбуксового та центрального підвищувань, а також статичні складові напружень від ваги кузова.

Статичні складові напружень $\sigma_{ст}$, МПа у середній поперечній рамі візка від ваги кузова для відповідних точок становлять:

У1.....	4,80
У2.....	1,20
У3.....	0,30
У4.....	1,18
У5.....	1,30
У6.....	1,24
У7.....	1,00
У8.....	2,00
У9.....	4,40
У10.....	2,20
У11.....	2,40

Очевидно, що найбільші напруження від дії ваги кузова виникають у точках У1 та У9.

Методику розрахунків високоміцних пружин наведено в роботі [9].

Аналіз залежностей динамічних складових напружень від швидкості руху, отриманих під час виконання дослідних поїздок електропоїздом приміського сполучення на напрямках Фастів–Київ, Київ–Фастів, виявив, що зростання напружень спостерігається в діапазонах швидкості руху 40–60 км/год. Найбільш напруженими є точки У4, У9, У10, У1. Подібне

ПРОМИСЛОВИЙ ТРАНСПОРТ

спостерігається і для динамічних складових зусиль у надбуксовому та центральному підвішуваннях, а також для горизонтальних поперечних рамних зусиль. У міру зростання швидкості руху відбувається зростання зусиль у режимах тяга та гальмування на прямих ділянках колії.



Рис. 6. Місця встановлення тензорезисторів

Для визначення найбільших динамічних значень напружень та зусиль було складено відповідну таблицю (табл. 3). У табл. 4 наведено найбільші значення виміряних та сумарних напружень, які було отримано експериментально.



Рис. 7. Місця встановлення пристроїв для вимірювання динамічних складових вертикальних та горизонтальних поперечних рамних зусиль

Найбільші напруження виявлено в точках У4 – 34,8 МПа, У9 – 28,6 МПа, У10 – 25,4 МПа, У1 – 27,4 МПа. Дані табл. 4 свідчать про те, що в більшості точок найбільші рівні напружень утворювалися в режимі тяги в кривих ділянках колії, а найменші – при рухові на вибігу в прямих. Звернемо увагу на те, що одна з тріщин була виявлена в зоні, розташованій навколо точки У3. У цій точці порівняно з іншими, крім точки У5, складові найбільших напружень менші та дорівнюють 9,8 МПа. Можна зробити припущення, що причиною утворення тріщини в поперечній балці рами причіпного візка № 58 міг бути заводський дефект (дефект зварювальних робіт, наявність дефектів у листі вертикальної стінки) або виникнення нештатної ситуації.

Таблиця 3

Найбільші значення динамічних складових напружень та зусиль

Режим руху*	У1, МПа	У2, МПа	У3, МПа	У4, МПа	У5, МПа	У6, МПа	У7, МПа	У8, МПа	У9, МПа	У10, МПа	У11, МПа	Н, кН	Р11, кН	Р2, кН
Т, криві	18,7	18,5	9,8	33,7	8,4	20,2	12,6	16,8	22,9	23,2	19,9	19,6	21,9	39,3
Т, прямі	14,9	3,9	2,9	3,9	4,0	10,7	4,9	9,9	14,9	9,7	7,7	2,9	16,6	36,6
В, криві	20,8	7,1	3,2	4,4	5,4	20,4	8,1	14,1	24,2	16,7	14,5	6,9	16,8	34,0
В, прямі	11,7	3,7	2,3	3,0	3,6	10,1	3,7	8,3	14,3	9,3	7,7	3,2	15,2	27,2
Г, криві	22,6	8,0	2,7	4,5	5,2	17,4	7,5	11,8	23,1	16,5	12,6	41,9	20,3	48,0
Г, прямі	16,0	6,5	3,9	3,6	5,4	13,8	6,3	10,7	19,6	14,0	10,9	3,5	25,4	44,6
МАХ	22,6	18,5	9,8	33,7	8,4	20,4	12,6	16,8	24,2	23,2	19,9	19,6	25,4	44,6

*Режим руху: Т – тяга, В – вибіг, Г – гальмування.

Таблиця 4

Найбільші значення експериментально виміряних та сумарних напружень

Показник	Точка										
	У1	У2	У3	У4	У5	У6	У7	У8	У9	У10	У11
$\sigma_{\text{ст MAX}}$, Па	4,8	1,2	0,3	1,1	1,3	1,2	1,0	2,0	4,4	2,2	2,4
$\sigma_{\text{д MAX}}$, МПа	22,6	18,5	9,8	33,7	8,4	20,4	12,6	16,8	24,2	23,2	19,9
$\sigma_{\text{р MAX}}$, МПа	27,4	19,7	10,1	34,8	9,7	21,6	13,6	18,8	28,6	25,4	22,3

Працівниками моторвагонного депо Фастів під час виконання ремонту була виявлена рама візка причіпного вагона з тріщиною, розташованою навколо точок У10, У11.

Наведені результати показують, що під час здійснення ремонтних робіт необхідно виконувати діагностування методами неруйнівного контролю стану середніх поперечних балок у зонах точок У1, У2, У6, У9, У10, У11.

З аналізу результатів експериментальних досліджень бачимо, що в середній поперечній балці зростання рівнів навантажень та напружень відбувалося під час руху в кривих ділянках колії та в режимі гальмування.

Для виконання числового моделювання експлуатаційних умов і визначення навантажень враховувалися такі чотири пункти:

1. Динамічні додатки до вертикальних зусиль, що діють на раму візка від ваги кузова, враховувалися за допомогою коефіцієнта вертикальної динаміки в другому ступені підвішування $K_{\text{дц}}$. Відповідно до вимог Норм [6] $K_{\text{дц}} = 0,2$. В окремих випадках, залежно від стану ресорного підвішування, гасників коливань, колії, а також від швидкості руху, значення коефіцієнта вертикальної динаміки в другому ступені підвішування може бути більшим ніж 0,2. Для розрахунків як найменше значення приймалося $K_{\text{дц}} = 0,2$, а найбільше – $K_{\text{дц}} = 0,5$.

2. Динамічна складова горизонтального навантаження становить $H = 0,45 Q_{\text{ст}}$, де $Q_{\text{ст}}$ – статичне навантаження на колісну пару [6].

3. Під час проходження колісних пар візка в кривих ділянках колії навантаження в буксових вузлах матиме кососиметричний характер. При вході в криву з відведенням підвищення зовнішньої рейки може становити до 6,7 % [6]. У такій ситуації додаткове навантаження на буксу буде змінюватися до 4,5 кН. Для оцінки впливу нерівномірності навантаженості буксових вузлів на напружений стан несучих конс-

трукцій рам візків було прийнято, що додатки динамічних навантажень у буксових вузлах можуть досягати значень у діапазоні 5...15 кН.

4. Під час гальмування додатково до вищевказаних зусиль у вузлах шарнірного закріплення гальмових колодок прикладалися зусилля 4,15 кН, а на кожний упор середніх поперечних балок діяли зусилля по 16,6 кН, що відповідало найбільш гострому режиму гальмування при швидкості руху 20 км/год.



Рис. 8. Модель рами візка

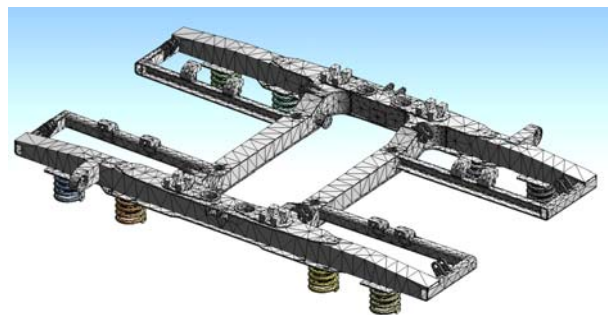


Рис. 9. Розрахункова скінченно-елемента схема рами візка

Для визначення напружень було використано сучасний метод виконання розрахунків на міцність, жорсткість та стійкість – це метод скінченних елементів [4]. Для проведення таких розрахунків спочатку було створено модель рами візка (рис. 8) [7].

ПРОМИСЛОВИЙ ТРАНСПОРТ

На підставі створеної моделі було розроблено розрахункову скінченно-елементну схему [4], яка складається з пластинчатих скінчених елементів та нараховує 142 576 вузлів і 69 634 елементів (рис. 9).

На рис. 10 показано місця прикладання навантажень при моделюванні різних умов експлуатації.

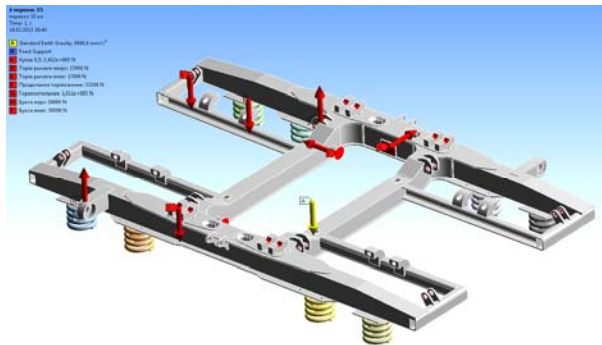


Рис. 10. Місця прикладання навантажень при моделюванні умов експлуатації

З метою забезпечення продовження експлуатації рам візків причіпних вагонів, у яких можливо утворення тріщин у середніх поперечних балках, працівниками моторвагонного депо Фастів Південно-Західної залізниці, фахівцями ДНДЦ УЗ та КЕВРЗ було розроблено варіант ремонту шляхом встановлення накладок на їх бічні стінки (рис. 11).

З метою оцінки впливу заходів модернізації було проведено розрахунки з визначення напруженого стану основних елементів несучих конструкцій рами візка у випадку, коли на поперечні середні балки рами візка причіпного вагона в місцях пошкодження встановлено підсилювальні накладки. На рис. 12 показано модель рами візка з встановленими підсилювальними накладками. У цьому випадку скінченно-елементна розрахункова схема має 146 080 вузлів та 71 708 елементів [4].

У табл. 5 наведено результати числових розрахунків для моделювання різних умов експлуатації, а саме вказані найбільші рівні напружень та місця їх виникнення.

У табл. 6 для порівняння наведено найбільші напруження, які утворюються в середній поперечній балці у двох варіантах: базова конструкція та підсилена бічною накладкою. При цьому було розглянуто режими руху як в прямих, так і в кривих ділянках колії (рух на вибі-

гу; гальмування) за яких відбувається перерозподіл вертикального навантаження між колесами колісних пар візка. Різниця в навантаженості становить 5, 10 та 15 кН.

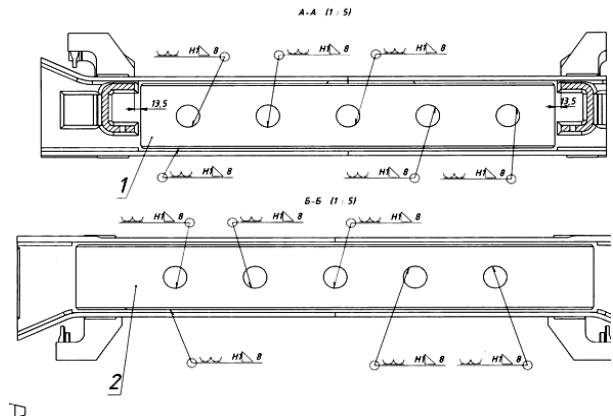


Рис. 11. Розташування підсилювальної накладки на середній поперечній балці

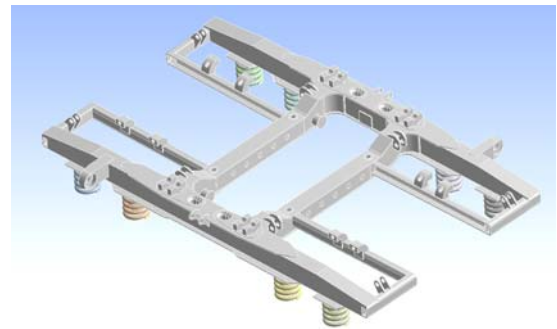


Рис. 12. Модель рами візка з підсилювальними накладками

З аналізу результатів табл. 5 видно, що встановлення підсилювальної накладки не дає очікуваного ефекту під час руху електропоїзда в кривих як на вибігу, так і в режимі гальмування. Але за умови її встановлення спостерігається покращення напружено-деформованого стану під час руху на вибігу та при гальмуванні в прямих ділянках колії, а також у випадках, коли відбувається перерозподіл навантажень на колеса колісних пар. Зниження значень напружень для режиму руху в прямих та перекис становить близько 20 %.

З метою оцінки впливу встановлення підсилювальної накладки на напружений стан в перерізі утворення тріщини було виконано числові розрахунки моделювання різних режимів руху електропоїзда. У табл. 7 наведено результати відповідних розрахунків.

ПРОМИСЛОВИЙ ТРАНСПОРТ

Таблиця 5

Значення найбільших напружень у поперечній та поздовжній балках рами візка

Режим та умови руху	Місце утворення найбільших напружень		Найбільші значення напружень, МПа	
	Поперечна балка	Поздовжня балка	Без підсилення	З підсиленням
Рух у прямій, Кдц = 0,5	На верхніх полицках поперечної балки в зоні її примикання до поздовжньої балки	–	12,5	9,8 На нижній полицці
	–	Навколо отворів проходження серг балки центрального підвішування	98,8	–
Рух у кривій, Кдц = 0,5	На верхніх полицках поперечної балки в зоні її примикання до поздовжньої балки	–	60,1	61,6 На верхній полицці
	–	Навколо отворів проходження серг балки центрального підвішування (у зоні поперечного упора)	141,9	–
Гальмування в прямій Кдц = 0,5	На нижніх полицках поперечної балки в зоні її примикання до поздовжньої балки	–	33,1	12,1 На верхній та нижній полицках
	–	Навколо отворів проходження серг балки центрального підвішування (у зоні поперечного упора)	104,5	–
Гальмування в кривій Кдц = 0,5	На верхніх полицках поперечної балки в зоні її примикання до поздовжньої балки	–	62,6	62,3 На верхній та нижній полицках
	–	Навколо отворів проходження серг балки центрального підвішування (у зоні поперечного упора)	127,6	–
Перекис $\Delta F = 15$ кН	У зоні примикання поперечної балки до поздовжньої на верхній та нижній полицка в місці заокруглення	–	87,4	70,7 На верхній та нижній полицках
	–	Навколо отворів проходження серг балки центрального підвішування (у зоні поперечного упора)	154,3	–

Таблиця 6

Найбільші значення напружень у середній поперечній балці

Режим руху	Найбільші напруження, МПа		Зменшення найбільших напружень, %
	Базовий варіант	Підсилення накладками	
Рух у прямих	12,5	9,8	21,6
Рух у кривих	59,0	59,0	0,0
Гальмування в прямих	36,7	12,1	67,0
Гальмування в кривих	62,6	62,6	0,0
Переки́с	87,4	70,7	19,1

Таблиця 7

Значення напружень у середній частині середньої поперечної балки, отриманих у результаті числового моделювання різних режимів руху електропоїзда

Режим руху	Верхня полицка σ , МПа		σ_{y3} , МПа		σ_{y4} , МПа		σ_{y5} , МПа	
	Базовий варіант	Підсилення накладкою	Базовий варіант	Підсилення накладкою	Базовий варіант	Підсилення накладкою	Базовий варіант	Підсилення накладкою
Пряма	1,14	1,70	0,27	0,17	0,27	0,17	0,27	0,17
Крива	7,40	7,00	0,70	0,40	0,70	0,40	0,70	0,40
Крива, гальмування	7,20	7,20	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27
Переки́с $\Delta F = 10$ кН	30,10	9,36	15,5	9,36	30,10	9,36	8,20	9,36
Переки́с $\Delta F = 15$ кН	32,30	11,10	32,30	11,10	32,30	11,10	9,20	11,10

Для виявлення причин, які можуть впливати на процеси, що призводять до утворення тріщин, було проведено вимірювання твердості матеріалу середньої поперечної балки рами візка причіпного вагона та виконано оцінку значень границі витривалості. Найменша величина границі витривалості зафіксована у точці У4 та становить 101,3 МПа. У точках У3 і У11, де були виявлено тріщини, границі витривалості становлять 145 МПа і 150,8 МПа відповідно. При цьому пошкодження, які можуть призводити до утворення мікротріщин і надалі до руйнування, будуть відбуватися у випадках, коли амплітуда змінних напружень перевищить значення $0,5 \sigma_{-1}$ [9].

Статичні складові напружень від ваги кузова у точках, де були виявлені тріщини, становлять: У3 – 0,3 МПа, У4 – 1,08 МПа, У11 – 2,42 МПа.

З аналізу результатів експериментальних досліджень можна зробити висновки, що найбільш напруженими виявилися точки У4 – 33,7 МПа, У9 – 24,2 МПа, У10 – 23,2 МПа, У1 – 22,6 МПа. Найбільше значення динамічних складових напружень у точці У3 – 9,8 МПа.

Аналіз результатів числових розрахунків моделювання різних режимів руху показав, що найбільші значення напружень створюються під час руху в кривих, у разі гальмування, в умовах проходження перехідних кривих та при незадовільному стані колії.

Під час руху в кривих ділянках колії найбільші напруження в поперечній балці у базовому варіанті та з підсиленням накладкою на бічний поверхні при значенні коефіцієнта динамічності $K_{дц} = 0,2$ становлять відповідно 58,8 та 59,9 МПа, а в поздовжній балці найбільші напруження – 131 МПа. Якщо $K_{дц} = 0,5$, то ці напруження дорівнюють 60,1, 61,6 та 141,9 МПа відповідно.

ПРОМИСЛОВИЙ ТРАНСПОРТ

У процесі гальмування в прямих ділянках колії в поперечній балці в базовому варіанті та з підсиленням найбільші напруження становлять відповідно 36,7 та 10,5 МПа, а у поздовжній балці найбільші напруження в зоні поперечного упора – 85,2 МПа. Якщо $K_{дц} = 0,5$, то ці напруження дорівнюють 33,1, 12,1 та 104,5 МПа відповідно.

Під час гальмування в кривих ділянках колії і якщо значення коефіцієнта динамічності $K_{дц} = 0,2$ в поперечній балці у базовому варіанті та з підсиленням найбільші напруження становлять відповідно 59,8, 60,6 МПа, а у поздовжній балці найбільші напруження в зоні поперечного упора – 127,6 МПа. Якщо $K_{дц} = 0,5$, то ці напруження дорівнюють 62,6, 62,3 та 127,6 МПа відповідно.

Внаслідок неоднакової навантаженості коліс колісних пар під час руху в перехідних кривих або в разі незадовільного стану колії, умовно можна вважати, що створюється перекісна навантаженість. Було отримано, що в зоні примикання поперечної балки до поздовжньої у базовому та у варіанті підсилювання на верхніх та на нижніх полицях (точки У9, У11) в місці заокруглення найбільші рівні напружень ставили при $\Delta Q = 10$ кН – 73,3 та 66,6 МПа; при $\Delta Q = 15$ кН 87,4 та 70,7 МПа. На верхній полиці поздовжніх балок навколо отворів проходження серг балки центрального підвішування (у зоні поперечного упора) найбільші напруження дорівнюють 138,4 МПа при $\Delta Q = 10$ кН та 154,3 МПа при $\Delta Q = 15$ кН.

Найбільше впливає на створення рівня напруженого стану середньої поперечної балки нерівномірність розподілу навантажень між колесами колісних пар у вертикальній площині. При суттєвому перевищенні перерозподілу навантажень на колесах колісних пар у середній поперечній балці максимальні напруження на нижніх полицях (точки У9, У11) в місці заокруглення не перевищують 87,4 МПа. При цьому мінімальна величина границі витривалості дорівнює 150,8 МПа.

На підставі результатів експериментальних досліджень отримано, що найбільші напруження, які створюються у звичайних умовах експлуатації електропоїздів серій ЕР9М в середніх поперечних балках рам візків досягають 33,7 МПа.

Наукова новизна та практична значимість

На підставі експериментальних та теоретичних досліджень виконано оцінку напруженого стану та умов навантаження середніх поперечних балок рам візків причіпних вагонів, виконаний науковий супровід робіт щодо розробки заходів з покращення показників міцності середніх поперечних балок рам візків причіпних вагонів. У більшості розглянутих умов руху електропоїзда установка підсилювальних накладок приводить до зменшення найбільших напружень.

Найбільші значення напружень для поперечних середніх балок у базовому їх варіанті менші небезпечних рівнів. Отримані результати дають підставу зробити висновки про те, що найбільш імовірними причинами створення тріщин є, по-перше, дефекти, які були допущені під час виготовлення рам візків, а по-друге, створення нештатних ситуацій експлуатаційної навантаженості рами візка. Заключним етапом цієї роботи була розробка заходів, які мають виконуватися під час експлуатації електропоїздів вказаних серії. Спеціалістами Укрзалізниці надано технічне рішення щодо впровадження цих заходів під час виконання ремонтів.

Висновки

Виконано: обстеження технічного стану несучих конструкцій рам візків дослідного причіпного вагона № 548-05 електропоїзда серії ЕР9М моторвагонного депо Фастів Південно-Західної залізниці; вимірювання твердості матеріалу за Брінеллем в дослідних точках рами візка; оцінку границь витривалості матеріалу середньої поперечної балки; експериментальні випробування з визначення рівнів зусиль та напружень, які створюються у вказаних балках в умовах експлуатації; розроблено розрахункові моделі для теоретичного визначення рівнів напружень у середній поперечній балці; здійснено моделювання як звичайних, так і нештатних умов експлуатаційної навантаженості.

На підставі аналізу отриманих результатів виявлено ситуації, у яких створюються найбільші рівні напружень; розроблено заходи з покращення показників міцності середніх поперечних балок рам візків причіпних вагонів.

Наведені результати показують, що під час виконання ремонтних робіт слід звертати увагу

ПРОМИСЛОВИЙ ТРАНСПОРТ

на необхідність проведення діагностування методами неруйнівного контролю стану поперечних середніх балок в зонах розташування точок У1, У2, У10, У11, У9, У6.

У випадках, коли під час обстежень та виконання ремонтних робіт будуть виявлятися тріщини в середніх поперечних балках на середині так, як це було виявлено в рамі візка зав. № 58, то слід виконувати підсилення балки за рахунок встановлення бічних накладок або накладок на верхню полицю за схемою, наведеною на рис. 11.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Вагоны: Проектирование, устройство и методы испытаний / под ред. Л. Д. Кузьмича. – М. : Машиностроение, 1978. – 376 с.
2. Горобец, В. Л. Анализ эксплуатационной нагрузки несущих конструкций подвижного состава в задачах продления сроков его эксплуатации / В. Л. Горобец, А. М. Бондарев, В. М. Скобленко // Вісн. Дніпропет. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Вип. 35. – Д., 2010. – С. 10–16.
3. Динамика пассажирского вагона и пути модернизации тележки КВЗ-ЦНИИ / под ред. А. А. Хохлова. – М. : МИИТ, 2001. – 160 с.
4. Зенкевич, О. Метод конечных элементов в технике / О. Зенкевич. – М. : Мир, 1975. – 542 с.
5. Методика оценки остаточного ресурса несущих конструкций тягового подвижного состава. – К. : Гос. администрация ж.-д. трансп. Украины, ДИИТ, 1998. – 51 с.
6. Нормы расчета и оценки прочности несущих элементов и динамических качеств экипажной части моторвагонного подвижного состава железных дорог МПС РФ колеи 1520 мм. – М. : ВНИИЖТ РФ, 1997. – 147с.
7. Потемкин, А. Твердотельное моделирование в системе КОМПАС – 3D / А. Потемкин. – СПб : БХВ - Петербург, 2005. – 512 с.
8. Пулария, А. Л. Применение методов компьютерной графики при технической диагностике подвижного состава железных дорог / А. Л. Пулария, М. Е. Сердюк // Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Вип. 34. – Д., 2010. – С. 61–64.
9. Вершинский, С. В. Расчет вагонов на прочность / С. В. Вершинский. – М. : Машиностроение, 1971. – 432 с.
10. Руководство по устройству электропоездов серии ЕД9М, ЕД9Т, ЕР9П. – М. : Центр Коммерч. Разраб., 2005. – 128 с.
11. Carlson, B. Image interpolation and filtering / B. Carlson // IEEE Trans. on ASSP. – 2000. – Vol. 26, № 4. – P. 257–261.
12. Li, X. New edge directed interpolation / X. Li, T. Orchard // IEEE Trans. on Image Processing. – 2001. – Vol. 10, № 10. – P. 1521–1527.
13. Huber, R. Berechnen hochleistungsfähiger Schraubenfedern / R. Huber, J. Gratzner // Maschinenwelt und Elektronik. – 1964. – № 1. – P. 8–14.

А. М. БОНДАРЕН^{1*}, А. Е. КРИВЧИКОВ¹, Д. А. ЯГОДА¹, В. С. БОНДАРЕНА¹,
В. В. РЯДКОВСКИЙ²

^{1*}Каф. «Строительная механика», Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, Днепропетровск, Украина, 49010, тел./факс +38 (056) 793 19 08, эл. почта onildpps@gmail.com

¹Каф. «Строительная механика», Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, Днепропетровск, Украина, 49010, тел./факс +38 (056) 793 19 08, эл. почта onildpps@gmail.com

²Государственная администрация железнодорожного транспорта Украины, ул. Тверская, д. 5, Киев, Украина, 03680

ТЕОРЕТИКО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРОЧНОСТИ СРЕДНИХ ПОПЕРЕЧНЫХ БАЛОК РАМ ТЕЛЕЖЕК ПРИЦЕПНЫХ ВАГОНОВ ЭЛЕКТРОПОЕЗДОВ ЕР9М, ЕР9Е

Цель. Целью работы является определение факторов, которые могут способствовать возникновению трещин в средних поперечных балках рам тележек прицепных вагонов, и разработка мероприятий по улучшению показателей прочности этих рам. **Методика.** Для достижения поставленной цели были проведены следующие работы: обследование технического состояния несущих конструкций рам тележек прицепных вагонов; измерение величины твердости материала по Бринеллю; выполнение оценки предела выносливости материала средней поперечной балки; испытания по определению уровней усилий и напряжений, которые

ПРОМИСЛОВИЙ ТРАНСПОРТ

создаются в указанных балках в условиях эксплуатации; разработки расчетных моделей для теоретического определения напряжений в средней поперечной балке; моделирование как обычных, так и нестандартных условий эксплуатационной нагруженности. **Результаты.** На основании анализа полученных результатов выявлены ситуации, при которых создаются наибольшие уровни напряжений; разработаны мероприятия по улучшению показателей прочности средних поперечных балок рам тележек прицепных вагонов. **Научная новизна.** На основании экспериментальных и теоретических исследований выполнено научное сопровождение работ по разработке мероприятий улучшения показателей прочности средних поперечных балок рам тележек прицепных вагонов. **Практическая значимость.** Разработанные мероприятия по улучшению показателей прочности переданы специалистам Укрзализныци для их внедрения во время выполнения ремонтов электропоездов указанных серий.

Ключевые слова: расчетные модели; теоретические расчеты; электропоезда ЭР9М; электропоезда ЭР9Е; тележки; поперечная балка; показатели прочности; прицепные вагоны

O. M. BONDAREV^{1*}, O. E. KRYVCHYKOV¹, D. A. YAGODA¹, V. S. BONDAREVA¹,
V. V. RYADKOVSKIY²

^{1*}Dep. «Structural Mechanics», Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan, Lazaryan St., 2, Dnipropetrovsk, Ukraine, 49010, tel./fax +38 (056) 793 19 08, e-mail onildpps@gmail.com

¹Dep. «Structural Mechanics», Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan, Lazaryan St., 2, Dnipropetrovsk, Ukraine, 49010, tel./fax +38 (056) 793 19 08, e-mail onildpps@gmail.com

²The State Administration of Railway Transport in Ukraine, Tverska St., 5, Kyiv, Ukraine, 03680

THEORETICAL AND EXPERIMENTAL EVALUATION OF STRENGTH INDICES OF BOGIE FRAME TRANSOMS FOR TRAILING CARS OF ELECTRIC TRAINS ER9M, ER9E

Purpose. The article objectives are to identify the factors, which can contribute to the formation of cracks and to develop the measures on improving the strength indices of bogie frame transoms of trailing cars. **Methodology.** In order to achieve these objectives, in performing the work it was conducted the inspection of the technical condition of supporting structures for bogie frames of trailing cars; measured the Brinell hardness numbers and estimated the endurance limits of transom material; tested on determination of the levels of efforts and stresses being created in the specified transoms under operation; developed the computational models for the theoretical determination of stress levels in the transom by simulating both normal and abnormal conditions of operating loading. **Findings.** Based on the analysis of results obtained: the situations with the highest stress levels were found; the measures on improving the strength indices of bogie frame transoms of trailing cars were developed. **Originality.** Based on the experimental and theoretical studies, the scientific monitoring of works to develop the measures on improving the strength indices of bogie frame transoms of trailing cars was carried out. **Practical value.** The developed measures on improving the strength indices were passed to professionals of Ukrzaliznytsia to introduce the proposed activities during the repairs of electric trains of specified series.

Keywords: computational models; theoretical calculations; electric trains ER9M and ER9E; bogies; strength indices; trailing cars

REFERENCES

1. Kuzmich L.D. *Vagony: Proyektirovaniye, ustroystvo i metody ispytaniy* [Cars: Designing, device and test methods]. Moscow, Mashinostroeniye Publ., 1978. 376 p.
2. Gorobets V.L., Bondarev A.M., Skoblenko V.M. Analiz ekspluatatsionnoy narabotki nesushchikh konstruktsiy podvizhnogo sostava v zadachakh prodleniya srokov yego ekspluatatsii [Analysis of operational developments bearing structures of the rolling stock in the problems of extension of its operation]. *Visnyk Dnipropetrovskoho natsionalnoho universytetu zaliznychnoho transportu imeni akademika V. Lazaryana* [Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan], 2010, issue 35, pp. 10-16.
3. Khokhlov A.A. *Dinamika passazhirskogo vagona i puti modernizatsii telezhki KVZ-TsNII* [The dynamics of a passenger car and the ways of a bogie KVZ-TsNII modernization]. Moscow, MIIT Publ., 2001. 160 p.

ПРОМИСЛОВИЙ ТРАНСПОРТ

4. Zenkevich O. *Metod konechnykh elementov v tekhnike* [Finite elements method in engineering]. Moscow, Mir Publ., 1975. 542 p.
5. *Metodika otsenki ostatochnogo resursa nesushchikh konstruktiv tyagovogo podvizhnogo sostava* [Procedure of assessing the residual life of supporting structures of the traction rolling stock]. Kyiv, State Administration of Ukrainian Railway Transport, DIIT Publ., 1998. 51 p.
6. *Normy rascheta i otsenki prochnosti nesushchikh elementov i dinamicheskikh kachestv ekipazhnoy chasti motorvagonnogo podvizhnogo sostava zheleznykh dorog MPS RF kolei 1520 mm* [Rules for calculating and assessing the strength of supporting elements and dynamic qualities of the vehicle part of the motorized railcar rolling stock in Russian Federation, Ministry of Railways, wheel gauge 1,520 mm]. Moscow, VNIIZhT (RF) Publ., 1997. 147p.
7. Potemkin A. *Tverdotelnoye modelirovaniye v sisteme KOMPAS – 3D* [Solid modeling in the KOMPAS-3D package]. Saint Petersburg, BKhV Publ., 2004. 512 p.
8. Pulariya A.L., Serdyuk M.Ye. *Primeneniye metodov kompyuternoy grafiki pri tekhnicheskoy diagnostike podvizhnogo sostava zheleznykh dorog* [The application of computer graphics methods in technical diagnostics of railway rolling stock]. *Visnyk Dnipropetrovskoho natsionalnoho universytetu zaliznychnoho transportu imeni akademika V. Lazariana* [Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan], 2010, issue 34, pp. 61–64.
9. Vershinskiy S.V. *Raschet vagonov na prochnost* [Strength calculation of rail cars]. Moscow, Mashinostroeniye Publ., 1971. 432 p.
10. *Rukovodstvo po ustroystvu elektropoyezdov serii YeD9M, YeD9T, YeR9P* [Manual on design of electric trains of series ED9M, ED9T, ER9P]. Moscow, Tsentr Kommercheskikh Razrabotok Publ., 2005. 128 p.
11. Carlson, B. Image interpolation and filtering. *IEEE Transaction on ASSP*, 2000, vol. 26, no. 4, pp. 257–261.
12. Li X., Orchard T. New edge directed interpolation. *IEEE Transaction on Image Processing*, 2001, vol. 10, no. 10, pp. 1521–1527.
13. Huber R., Gratzner J. Berechnen hochleistungsfähiger Schraubenfedern. *Maschinenwelt und Elektronik*, 1964, no. 1, pp. 8–14.

Стаття рекомендована до публікації к.т.н. доц. А. Л. Пуларією (Україна); к.т.н. доц. О. Д. Жаковським (Україна)

Надійшла до редколегії 06.09.2013

Прийнята до друку 17.10.2013

РУХОМИЙ СКЛАД ЗАЛІЗНИЦЬ І ТЯГА ПОЇЗДІВ

УДК 629.439

В. А. ПОЛЯКОВ^{1*}, Н. М. ХАЧАПУРИДЗЕ¹

^{1*}Институт транспортных систем и технологий НАН Украины, ул. Писаржевского, 5, Днепропетровск, Украина, 49005, тел. +38 (0562) 32 30 55, эл. почта p_v_a_725@mail.ru

¹Институт транспортных систем и технологий НАН Украины, ул. Писаржевского, 5, Днепропетровск, Украина, 49005, тел. +38 (0562) 32 30 55, эл. почта p_v_a_725@mail.ru

ДИНАМИЧЕСКАЯ ДОСТАТОЧНОСТЬ МАГНИТОЛЕВИТИРУЮЩЕГО ПОЕЗДА

Цель. Основным критерием потребительской оценки магнитолевитирующего поезда является качество его механического движения. Это движение реализуется в непредсказуемой обстановке и для сохранения целенаправленности должно приспособляться к ней. Такая адаптация возможна лишь в пределах динамической достаточности системы. Под достаточностью понимается наличие у системы ресурсов, которые позволяют реализовывать ее требуемые движения без несоблюдения актуальных ограничений. Поэтому наличие таких ресурсов является необходимым условием сохранения искомой целенаправленности динамики поезда, а верификация упомянутой достаточности – важнейшим компонентом исследования этой динамики. **Методика.** В работе использованы методы теории множеств. Найдены пространства желаемой, а также фактической достижимости поезда. Они считаются динамически достаточными в зонах перекрытия указанных пространств. **Результаты.** В рамках принятой трактовки динамической достаточности поезда, верификация ее наличия, а также запаса (или дефицита) сохранения выполнена путем нахождения и апостериорной оценки таких зон перекрытия. Оперативно – непосредственно в процессе движения – это реализуемо на БЦВМ поезда с использованием, например, системы компьютерной математики Mathematica. Она обладает обширными возможностями высокоэффективного и в то же время – относительно низкоресурсного информационного манипулирования. Эффективность использования созданной методики проиллюстрирована на примере исследования режима разгона экипажа. Расчет выполнен с использованием построенной компьютерной модели взаимодействия автономной тяговой электромагнитной подсистемы артефакта с его механической подсистемой. **Научная новизна.** Разработана методика верификации динамической достаточности высокоскоростного магнитолевитирующего поезда. Методика является высокоэффективной, обеспечивает достаточную визуальность и обладает умеренной ресурсоемкостью использования (особенно в случаях не слишком высоких размерностей пространств состояний и принятия решений системы). **Практическая значимость.** Методика с успехом может использоваться в процессе динамических исследований, в том числе магнитолевитирующих поездов.

Ключевые слова: магнитолевитирующий поезд; динамическая достаточность; ситуации движения; параметры ситуации; параметры решения

Введение

Магнитолевитирующий поезд (МЛП) является большой сложной динамической системой [2], основным критерием результирующей потребительской оценки которой является качество движения ее механической подсистемы

[5]. Это движение реализуется в условиях непредсказуемого изменения обстановки [6] и для сохранения целенаправленности должно приспособляться к ней [7]. Двигательная задача МЛП по сути своей представима синтетическим единством подзадач перемещения между

РУХОМИЙ СКЛАД ЗАЛІЗНИЦЬ І ТЯГА ПОЇЗДІВ

априори заданными точками пути при соблюдении некоторых (в идеале – экстремальных) законов, а также отсутствия наездов на препятствия и иных аварийных ситуаций. Первая из указанных подзадач обычно именуется навигационной, а вторая – подзадачей безопасности движения. Навигационная подзадача МЛП разрешима с использованием терминальных [8], а также дифференциально-игровых [4] принципов управления. При решении же подзадачи безопасности движения рационально применить метод линий безопасности [3].

Цель

Адаптация движения поезда к обстановке возможна лишь в пределах динамической достаточности (ДД) системы, под которой понимается [3] ее обеспеченность ресурсами, удовлетворяющая потребности натурной реализации требуемых движений без нарушения актуальных ограничений. Поэтому наличие таких ресурсов в общем случае является абсолютно необходимым условием фактического сохранения искомой целенаправленности динамики МЛП, а верификация упомянутой ДД – важнейшим компонентом исследования такой динамики.

Методика

Движение МЛП, как правило, происходит в типовом эксплуатационном (тяга, выбег, торможение) либо в нештатном, аварийном режиме. При этом каждая реализация такого движения в общем случае может различаться от других:

- исполняемым режимом, возможной внешней и внутренней обстановкой [3], а поэтому – пространством желаемой достижимости (ПЖД);

- наличными динамическими ресурсами системы, а поэтому – пространством ее потенциальной достижимости (ППД) [9];

- актуальными запретами, определяющими директивные ограничения пространства достижимости (ОПД).

В таком случае, в соответствии с принятой трактовкой ДД МЛП, верификация наличия такой достаточности, а также запаса (или дефицита) ее сохранения может быть выполнена путем соотнесения перечисленных трех пространств. Для этого минимально достаточна пятиэлементная структура.

Базовыми, провайдерными элементами этой структуры должны являться: индикатор, экспозитор и лимитор. Их функциональное предназначение следующее:

- индикатор в результате анализа режима движения, а также его внешней и внутренней обстановки выявляет и предъявляет к сравнению ПЖД системы, отображенное в пространство параметров ее решений (ППР) [3], требуемых для осуществления желаемых движений;

- экспозитор, исходя из наличных динамических ресурсов системы, строит и предъявляет к сравнению ППД поезда, также отображенное в ППР;

- лимитор, анализируя все компоненты ситуации движения, выявляет и передает для дальнейшего использования ОПД, которые, как правило, изначально формируются относительно элементов ППР.

Далее ППД должно быть соотнесено с ОПД. Это – функциональное предназначение сегрегатора. В результате от ППД отделяются запрещаемые ОПД части и получается пространство фактической достижимости (ПФД) МЛП.

Наконец, компаратор, соотнося ПФД и ПЖД поезда, констатирует наличие (или отсутствие) его ДД, а также определяет значение величины R – запаса (или дефицита) сохранения такой достаточности – в различных областях ППР системы.

В любой ситуации движения МЛП динамически достаточен лишь в зонах, где ПЖД пересекается ПФД. Оперативная верификация такой достаточности необходима в общем случае непосредственно в процессе движения – с использованием БЦВМ поезда. Поэтому синтетическое единство адекватности и минимально возможной ресурсоемкости конструктивного представления упомянутых пространств (ПЖД, ППД, ОПД и, как следствие, ПФД), а также эффективности оперирования ими весьма важно для корректного исследования как каждой отдельной реализации процесса движения МЛП, так и ансамблей таких процессов.

Множество элементов каждого из пространств, детерминирующих ДД поезда, как правило, задается не континуально-функционально, а дискретно-параметрически – на дискретной шкале какого-либо удобного параметра

РУХОМИЙ СКЛАД ЗАЛІЗНИЦЬ І ТЯГА ПОЇЗДІВ

$$p \in [k \cdot h, (k+1) \cdot h \quad \forall \quad k \in [\overline{0, \Lambda}],$$

$$\Lambda = \text{int} \left((p_T - p_S) \cdot h^{(-1)} \right), \quad (1)$$

где h и p_S, p_T – шаг дискретизации этого параметра, а также его начальное и терминальное на интервале построения движения значения. Для МЛП в качестве такого параметра удобно, видимо, принять текущее время либо расстояние, пройденное фиксированной индикаторной точкой поезда на таком интервале. Тогда рассматриваемые множества могут быть представлены многомерными массивами, атомарные списки которых в неизменной позиции содержат значения параметра p , а в иных позициях – соответствующие значения фазовых координат системы

$$x(\bullet) = \{x(p) \quad \forall \quad p \in [p_S, p_T]\} \quad (2)$$

– для описания процесса движения в ее пространстве состояний (ПС), либо параметров решений

$$\gamma(\bullet) = \{\gamma(p) \quad \forall \quad p \in [p_S, p_T]\} \quad (3)$$

– для описания того же процесса в ППР. Здесь и далее любая функция с точкой на месте аргумента подразумевает всю совокупность ее возможных значений в целом. В таком случае лексикографически описанные операции с пространствами, ведущие к верификации наличия ДД поезда, а также к определению величины R , количественно характеризующей запас (либо дефицит) сохранения такой достаточности, могут быть редуцированы до манипуляций с многомерными массивами, адекватно представляющими указанные пространства.

Ряд современных систем компьютерной математики (СКМ) и, в том числе, мировой лидер среди таких систем для ПК – Mathematica [11, 12, 13, 14] обладают обширными возможностями высокоэффективного и в то же время относительно низкоресурсного выполнения таких манипуляций. Поэтому информационные преобразования, направленные на экстермпоральную верификацию ДД МЛП, рационально выполнять в рамках этой СКМ. Перейдем далее к абрисному очерчиванию стратегии указанной верификации.

На стадии информационного создания МЛП для всех предвидимых внешних и внутренних

обстановок, а также возможных режимов движения, его ПЖД и ОПД должны быть представлены массивами описанной структуры. Такие массивы следует разместить в ДЗУ БЦВМ поезда. При этом должна быть предусмотрена возможность осуществления оперативного двустороннего, при необходимости – неоднозначного, отображения

$$X \leftrightarrow \Gamma \quad (4)$$

между ПС МЛП

$$X = \{x(\bullet)\} \quad (5)$$

и его ППР

$$\Gamma = \{\gamma(\bullet)\}. \quad (6)$$

Информационный массив, имеющий вновь ту же многоуровневую структуру и представляющий ППД артефакта, должен размещаться также в ДЗУ БЦВМ и оперативно заполняться в каждой реализовавшейся ситуации движения, исходя из наличных динамических ресурсов системы, а также анализа всех компонентов такой ситуации. Одним из основных элементов информационной подсистемы, используемой для позиционного построения описываемого массива, должна являться оперативно интегрируемая в опережающем масштабе параметра p модель динамики поезда. Такая модель должна синтетично сочетать в себе свойства достаточной простоты – для создания возможности упомянутого ее опережающего интегрирования и в то же время должной информационной корректности – для достаточно адекватного и полного описания движения поезда.

После (заблаговременного или оперативно – в зависимости от типа) заполнения массивов, представляющих ПЖД, ОПД, а также ППД, актуальными данными такие массивы оказываются пригодными для использования в процессе эмуляции описанных операций с перечисленными пространствами. Таким образом, в процессе осуществления символьных операций с этими массивами при каждом дискретном значении параметра p , в зависимости от необходимости, имеется возможность покоординатного (в ПС или в ППР) соотнесения элементов упомянутых пространств, а также (с учетом метрик соответствующих пространств) нахождения расстояний между таки-

РУХОМИЙ СКЛАД ЗАЛІЗНИЦЬ І ТЯГА ПОЇЗДІВ

ми элементами. Это, очевидно, является достаточным алгоритмическим базисом для оперативного выполнения верификации ДД поезда, а также нахождения значений величины R . При этом положительные значения последней величины свидетельствуют о сохранении такой достаточности, а отрицательные – о ее отсутствии.

В целях радикального сокращения объемов требуемых информационных преобразований, для всех рассматриваемых пространств, полагая их выпуклыми, априорно, до проведения операций соотнесения, могут выделяться точки, лежащие на границах таких пространств. После этого все дальнейшие операции соотнесения могут выполняться только для таких выделенных точек.

Выделение точек указанного вида следует основывать на информационных возможностях СКМ, в рамках которой реализуется глобальный алгоритм построения движения МЛП и, в частности, экстермпоральной верификации его ДД. В дополнение к этому могут быть, при необходимости, учтены следующие соображения. Сечение любого из пространств A плоскостью $p = \tau = \text{const}$ представляет собой выпуклое множество A_τ в пространстве (2) или (3). Границы области допустимых отклонений A_τ в каждой конкретной ситуации движения назначаются исходя из практических нужд. Предположение о выпуклости такой области в подавляющем большинстве случаев вполне естественно и практически не сужает возможности применения такого способа описания. В то же время, оно позволяет задать множество A_τ как пересечение полупространств [1], например, пространства (2)

$$A_\tau = [x(p) : l' \cdot x(p) \leq \rho(l, p); \\ \|l\| = 1, p = \tau], \quad (7)$$

ограниченных опорными гиперплоскостями

$$l' \cdot x(\tau) = \rho(l, \tau). \quad (8)$$

В выражениях (7) и (8) введены дополнительные обозначения: l и l' – произвольно направленный единичный вектор и он же транспонированный; ρ – полярное расстояние от начала координат до опорной гиперплоскости.

Перебор возможных направлений l^i позволяет построить область A_τ как огибающую этих гиперплоскостей. Если ограничиться конечным числом направлений l^i , получается аппроксимация границ области A_τ выпуклым полиэдром. Далее, варьирование параметра p согласно (1) позволяет осуществлять моделирование эволюции упомянутого полиэдра, то есть, в итоге, – дискретную аппроксимацию пространства A . Таким образом, опорная функция $\rho(l, p)$, определенная на всех $l, \|l\| = 1$, и $\forall p \in [p_s, p_T]$ однозначно описывает множество всех точек, лежащих на границе пространства A . Поэтому выражения (7) и (8) могут быть положены в основу алгоритмического выделения точек, обладающих указанным свойством в отношении любого из рассматриваемых пространств.

В рамках того же подхода может быть построен и алгоритм определения расстояний между точками множеств. Это возможно, исходя из того, что любая траектория (представляющая реальное или желаемое движение поезда либо какое-либо ограничение этого движения) при фиксированном значении параметра $p = \tau = \text{const}$ характеризуется, например, вектором $x(\tau)$, который может быть спроецирован на направление единичного вектора l в ПС артефакта. Значение такой проекции определяется скалярным произведением $l' \cdot x(\tau)$, а удаленность указанного вектора от соответствующей опорной гиперплоскости – функцией $\rho(l, \tau)$. Поэтому отношение

$$l' \cdot x(\tau) / \rho(l, \tau) = \varepsilon(l, \tau, x(\tau)) \quad (9)$$

может служить мерой относительной близости точки $x(\tau)$ к опорной гиперплоскости множества A_τ , нормальной к вектору l . Тогда перебор возможных направлений l позволяет найти меру близости точки $x(\tau)$ к любой из опорных гиперплоскостей, то есть – к границе множества A_τ :

$$\varepsilon(\tau, x(\tau)) = \max_l \varepsilon(l, \tau, x(\tau)). \quad (10)$$

Наконец, перебор возможных значений p

РУХОМИЙ СКЛАД ЗАЛІЗНИЦЬ І ТЯГА ПОЇЗДІВ

согласно (1) дает возможность оценить близость любой точки процесса $x(\bullet)$ к границе области A :

$$I(x(\bullet)) = \max_p \varepsilon(p, x(p)) = \max_{l, p} (l' \cdot x(p) / \rho(l, p)). \quad (11)$$

Альтернативой этому подходу является аппроксимация множеств с использованием метода последовательных приближений или классом областей фиксированной канонической формы, зависящей от ограниченного числа параметров (как правило, эллипсоидов) [10].

Результаты

Эффективность использования созданной таким образом методики верификации ДД МЛП проиллюстрирована на примере исследования режима разгона его экипажа. Расчет проведен с использованием построенной компьютерной модели взаимодействия автономной тяговой электромагнитной подсистемы артефакта с его механической подсистемой. В качестве параметров решения системы приняты актуальные для рассматриваемого режима скорость экипажа sp и сила тяги его линейного синхронного двигателя (ЛСД) tf . Результаты исследования приведены на рис. 1.

На этой иллюстрации использованы следующие легенды:

– более толстой сплошной линией нанесена граница ПЖД экипажа, являющаяся в данном случае графиком тяговой характеристики его ЛСД, подлежащей реализации для осуществления движения, желательного в сложившейся ситуации;

– более тонкой сплошной линией нанесена граница ППД экипажа, являющаяся графиком упомянутого типа характеристики ЛСД, которую он потенциально может реализовать в рассматриваемой ситуации;

– пунктирными линиями нанесены ОПД:

– по механической нагрузке криомодулей экипажа – линией, имеющей наиболее крупные сегменты;

– по мощности, потребляемой из питающей сети, – линией, имеющей сегменты средней величины;

– по допустимому ускорению экипажа – линией, имеющей наиболее мелкие звенья.

Приведенные результаты свидетельствуют о том, что в рассмотренной ситуации экипаж динамически достаточен при скоростях движения, не превышающих ≈ 101 м/с. При движении с более высокими скоростями он искомую достаточность теряет. В интервале же скоростей $\approx 89...101$ м/с потенциальные возможности ЛСД использованы в полной мере быть не могут, вследствие ограниченности ПФД в этой зоне запретом по допустимому ускорению.

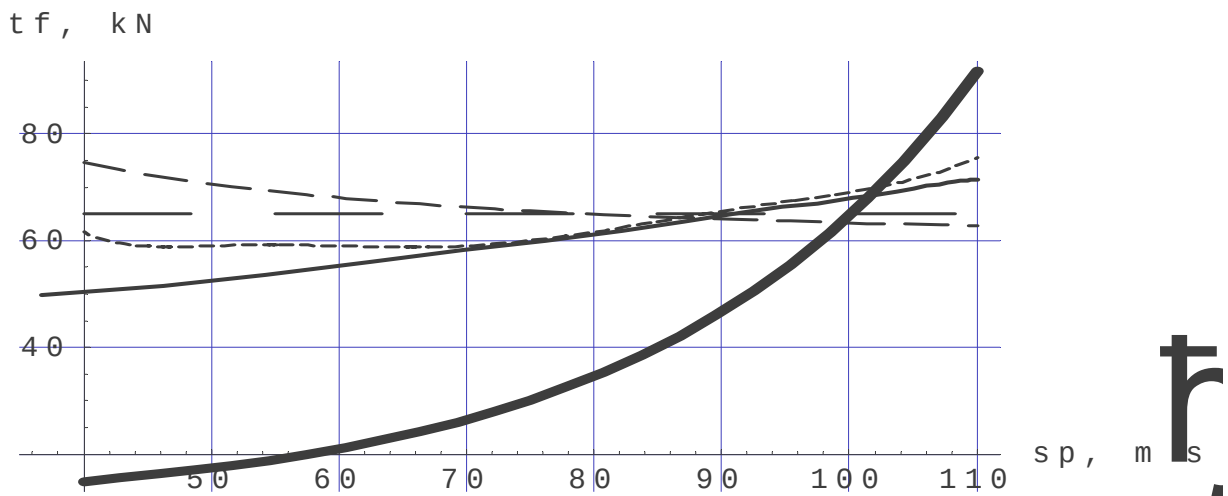


Рис. 1. Верификация ДД экипажа МЛП в режиме его разгона

РУХОМИЙ СКЛАД ЗАЛІЗНИЦЬ І ТЯГА ПОЇЗДІВ

Научная новизна и практическая значимость

Глобальный же вывод, следующий из анализа разработанной методики верификации ДД МЛП, состоит, очевидно, в том, что эта методика является высокоэффективной, допускает достаточную визуальность и умеренную ресурсоемкость использования (особенно – в случаях не слишком высоких размерностей ПС и ППР системы).

Выводы

Такая методика с успехом может использоваться в процессе динамических исследований, в том числе, МЛП.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- Беллман, Р. Некоторые вопросы математической теории процессов управления / Р. Беллман, И. Гликсберг, О. Гросс. – М. : ИЛ, 1962. – 336 с.
- Высокоскоростной магнитный транспорт с электродинамической левитацией / В. А. Дзензерский, В. И. Омеляненко, С. В. Васильев и др. – К. : Наук. думка, 2001. – 479 с.
- Коренев, Г. В. Очерки механики целенаправленного движения / Г. В. Коренев. – М. : Наука, 1980. – 192 с.
- Красовский, Н. Н. Управление динамической системой. Задача о минимуме гарантированного результата / Н. Н. Красовский. – М. : Наука, 1985. – 520 с.
- Поляков, В. А. Анализ и синтез динамики электродинамического поезда с линейным двигателем / В. А. Поляков, Н. М. Хачапуридзе // Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Д., 2007. – Вип. 15. – С. 159–166.
- Поляков, В. А. Построение движения магнитолевитирующего поезда в непредсказуемой обстановке / В. А. Поляков, Н. М. Хачапуридзе // Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Д., 2009. – Вип. 30. – С. 192–195.
- Поляков, В. А. Особенности построения движения магнитолевитирующего поезда / В. А. Поляков, Н. М. Хачапуридзе // Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Д., 2011. – Вип. 38. – С. 24–29.
- Поляков, В. А. Терминальное управление движением магнитолевитирующего поезда с использованием линейного синхронного двигателя / В. А. Поляков, Н. М. Хачапуридзе // Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Д., 2006. – Вип. 12. – С. 138–145.
- Справочник по теории автоматического управления / под ред. А. А. Красовского. – М. : Наука, 1987. – 712 с.
- Черноусько, Ф. Л. Оценивание фазового состояния динамических систем. Метод эллипсоидов / Ф. Л. Черноусько. – М. : Наука, 1988. – 320 с.
- Wolfram, St. Mathematica book / St. Wolfram. – Champaign : Wolfram press, 2003. – 1301 p.
- Belomo, N. Continuum mechanics using Mathematica / N. Belomo. – New York : Springer, 2006. – 388 p.
- Wellin, P. An introduction to programming with Mathematica / P. Wellin, S. Kamin, R. Gaylord. – 3 ed. – Cambridge : CUP, 2005. – 570 p.
- Wolfram Mathematica [Electronic resource]. – Access Mode : <http://www.wolfram.com/mathematica/>. – Title from the screen.

В. О. ПОЛЯКОВ^{1*}, М. М. ХАЧАПУРИДЗЕ¹

^{1*}Інститут транспортних систем і технологій НАН України, вул. Писаржевського, 5, Дніпропетровськ, Україна, 49005, тел. +38 (0562) 32 30 55, ел. пошта p_v_a_725@mail.ru

¹Інститут транспортних систем і технологій НАН України, вул. Писаржевського, 5, Дніпропетровськ, Україна, 49005, тел. +38 (0562) 32 30 55, ел. пошта p_v_a_725@mail.ru

ДИНАМІЧНА ДОСТАТНІСТЬ МАГНІТОЛЕВІТУЮЧОГО ПОЇЗДА

Мета. Основним критерієм споживчої оцінки магнітолевітуючого поїзда є якість його механічного руху. Цей рух реалізується в непередбачуваній обстановці й для збереження цілеспрямованості повинен пристосовуватися до неї. Така адаптація можлива лише в межах динамічної достатності системи. Під достатністю розуміється наявність у системи ресурсів, які дозволяють реалізовувати її необхідні рухи без незбереження актуальних обмежень. Тому наявність таких ресурсів є необхідною умовою збереження шуканої цілеспрямованості динаміки поїзда, а верифікація згаданої достатності – найважливішим компонентом дослідження

РУХОМИЙ СКЛАД ЗАЛІЗНИЦЬ І ТЯГА ПОЇЗДІВ

цієї динаміки. **Методика.** У роботі використані методи теорії множин. Знайдено простори бажаної, а також фактичної досяжності поїзда. Вони вважаються динамічно достатніми в зонах перекриття зазначених просторів. **Результати.** У рамках прийнятого трактування динамічної достатності поїзда, верифікація її наявності, а також запасу (або дефіциту) збереження, здійснена шляхом знаходження й апостеріорної оцінки таких зон перекриття. Оперативно – безпосередньо в процесі руху – це можна реалізувати на БЦОМ поїзда з використанням, наприклад, системи комп'ютерної математики Mathematica. Вона має великі можливості високоефективного й у той же час – відносно низькоресурсного інформаційного маніпулювання. Ефективність використання створеної методики проілюстрована на прикладі дослідження режиму розгону екіпажа. Розрахунок виконаний із використанням побудованої комп'ютерної моделі взаємодії автономної тягової електромагнітної підсистеми артефакту з його механічною підсистемою. **Наукова новизна.** Розроблена методика верифікації динамічної достатності високошвидкісного магнітолевітуючого поїзда. Методика є високоефективною, забезпечує достатню візуальність і має помірну ресурсоємність використання (особливо у випадках не занадто високих розмірностей просторів станів і прийняття рішень системи). **Практична значимість.** Методика з успіхом може використовуватися в процесі динамічних досліджень, у тому числі магнітолевітуючих поїздів.

Ключові слова: магнітолевітуючий поїзд; динамічна достатність; ситуації руху; параметри ситуації; параметри рішення

V. A. POLYAKOV^{1*}, N. M. KHACHAPURIDZE¹

^{1*}Institute of Transport Systems and Technologies NAS of Ukraine, Pisarzhevskiy St., 5, Dnipropetrovsk, Ukraine, 49005, tel. + 38 (0562) 32 30 55, e-mail p_v_a_725@mail.ru

¹Institute of Transport Systems and Technologies NAS of Ukraine, Pisarzhevskiy St., 5, Dnipropetrovsk, Ukraine, 49005, tel. + 38 (0562) 32 30 55, e-mail p_v_a_725@mail.ru

DYNAMIC SUFFICIENCY OF THE MAGNETICALLY SUSPENDED TRAIN

Purpose. The basic criterion of the magnetically suspended train's consumer estimation is a quality of its mechanical motion. This motion is realized in unpredictable conditions and, for purposefulness preservation, should adapt to them. Such adaptation is possible only within the limits of system's dynamic sufficiency. Sufficiency is understood as presence at system of resources, which allow one to realize its demanded motions without violating actual restrictions. Therefore presence of such resources is a necessary condition of preservation of required purposefulness of train's dynamics, and verification of the mentioned sufficiency is the major component of this dynamic research. **Methodology.** Methods of the set theory are used in work. Desirable and actual approachability spaces of the train are found. The train is considered dynamically sufficient in zones of the specified spaces overlapping. **Findings.** Within the limits of the accepted treatment of train's dynamic sufficiency, verification of its presence, as well as a stock (or deficiency) of preservations can be executed by the search and the subsequent estimation of such overlapping zones. Operatively (directly during motion) it can be realized on the train's ODC with use, for example, of computer mathematics system Mathematica. It possesses extensive opportunities of highly efficient and, at the same time, demanding an expense concerning small resources information manipulation. The efficiency of using of created technique is illustrated on an example of vehicle's acceleration research. Calculation is executed with use of the constructed computer model of interaction of an independent traction electromagnetic subsystem of an artifact with its mechanical subsystem. **Originality.** The technique of verification of the high-speed magnetically suspended train's dynamic sufficiency is developed. The technique is highly efficient, it provides sufficient presentation and demands an expense of the moderate resources at use (especially in cases of not too high dimensions of spaces of conditions and decision-making of system). **Practical value.** The technique can be used with success during dynamic research, including the magnetically suspended trains.

Keywords: magnetically suspended train; dynamic sufficiency; situations of motion; situation parameters; parameters of decision

REFERENCES

1. Bellman R., Glikhsberg I., Gross O. *Nekotoryye voprosy matematicheskoy teorii protsessov upravleniya* [Some issues of the mathematic theory of the control process]. Moscow, IL Publ., 1962. 336 p.
2. Dzenzerskiy V.A., Omelyanenko V.I., Vasilyev S.V., Matin V.I., Sergeyev S.A. *Vysokoskorostnoy magnitnyy transport s elektrodinamicheskoy levitatsiyey* [High-speed magnetic transport with electrodynamic levitation]. Kyiv, Naukova Dumka Publ., 2001. 479 p.
3. Korenev G.V. *Ocherki mekhaniki tselenapravlennoy dvizheniya* [Digest on the mechanics of purposeful movement]. Moscow, Nauka Publ., 1980. 192 p.
4. Krasovskiy N.N. *Upravleniye dinamicheskoy sistemoy. Zadacha o minimume garantirovannogo rezultata* [Dynamic system control. Task of the minimum guaranteed result]. Moscow, Nauka Publ., 1985. 520 p.
5. Polyakov V.A., Khachapuridze N.M. Analiz i sintez dinamiki elektrodinamicheskogo poyezda s lineynym dvigatelem [Analysis and synthesis of the dynamics electrodynamic train linear motor]. *Visnyk Dnipropetrovskoho natsionalnoho universytetu zaliznychnoho transportu imeni akademika V. Lazariana* [Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan], 2007, issue 15, pp. 159-166.
6. Polyakov V.A., Khachapuridze N.M. Postroyeniye dvizheniya magnitolevitiruyushchego poyezda v nepredskazuemoy obstanovke [Motion synthesis of the maglev train in the unpredictable environment]. *Visnyk Dnipropetrovskoho natsionalnoho universytetu zaliznychnoho transportu imeni akademika V. Lazariana* [Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan], 2009, issue 30, pp. 192-195.
7. Polyakov V.A. Osobennosti postroyeniya dvizheniya magnitolevitiruyushchego poyezda [Features of construction traffic magnitolevitiruyushchego train]. *Visnyk Dnipropetrovskoho natsionalnoho universytetu zaliznychnoho transportu imeni akademika V. Lazariana* [Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan], 2011, issue 38, pp. 24-29.
8. Polyakov V.A., Khachapuridze N.M. Terminalnoye upravleniye dvizheniyem magnitolevitiruyushchego poyezda s ispolzovaniyem lineynogo sinkhronnogo dvigatelya [Terminal motion control of the maglev train using the linear synchronous engine]. *Visnyk Dnipropetrovskoho natsionalnoho universytetu zaliznychnoho transportu imeni akademika V. Lazariana* [Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan], 2006, issue 12, pp. 138-145.
9. Krasovskiy A.A. *Spravochnik po teorii avtomaticheskogo upravleniya* [Guide of the automatic control theory]. Moscow, Nauka Publ., 1987. 712 p.
10. Chernousko F.L. *Otsenivaniye fazovogo sostoyaniya dinamicheskikh sistem. Metod ellipsoidov* [Evaluation of the phase state of dynamical systems. The method of ellipsoids]. Moscow, Nauka Publ., 1988. 320 p.
11. Wolfram St. *Mathematica book*. Champaign, Wolfram press Publ., 2003. 1301 p.
12. Belomo N. *Continuum mechanics using Mathematica*. New York, Springer Publ., 2006. 388 p.
13. Wellin P., Kamin S., Gaylord R. *An introduction to programming with Mathematica*. 3 edition. Cambridge, CUP Publ., 2005. 570 p.
14. Wolfram Mathematica. Available at: <http://www.wolfram.com/mathematica/> (Accessed 22 November, 2013).

Статья рекомендована к публикации д.т.н., проф. С. В. Мямлиным (Украина); д.физ.-мат.н., проф. А. А. Приходько (Украина)

Поступила в редколлегию 09.09.2013

Принята в печать 06.11.2013

РУХОМИЙ СКЛАД ЗАЛІЗНИЦЬ І ТЯГА ПОЇЗДІВ

УДК 629.463.001.63

О. В. ФОМІН^{1*}

^{1*}Каф. «Рухомий склад залізниць», Донецький інститут залізничного транспорту Української державної академії залізничного транспорту, вул. Артема, 184, Донецьк, Україна, 83018, тел. +38 (067) 813 97 88, ел. пошта fomin1985@list.ru

АЛГОРИТМ ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ СКЛАДОВИХ ЕЛЕМЕНТІВ ВАНТАЖНИХ ВАГОНІВ НА ОСНОВІ УЗАГАЛЬНЕНИХ МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ

Мета. Представлення особливостей та прикладу використання запропонованого алгоритму визначення оптимальних геометричних параметрів складових елементів вантажних вагонів на основі узагальнених математичних моделей, який реалізується на персональних обчислювальних машинах. **Методика.** Розроблений підхід до відшукування оптимальних геометричних параметрів можна охарактеризувати як визначення оптимального рішення з виділеної сукупності можливих варіантів. **Результати.** Представлений приклад використання запропонованого алгоритму засвідчив його працездатність та ефективність використання. **Наукова новизна.** У роботі формалізовано процедуру визначення оптимальних геометричних параметрів складових елементів вантажних вагонів на основі узагальнених математичних моделей. **Практична значимість.** Практичне впровадження результатів досліджень для універсальних напіввагонів дозволять знизити тару їх конструкції та, відповідно, підвищити вантажопідйомність майже на сто кілограмів при покращенні міцностних характеристик, що, з урахуванням масовості їх парку, забезпечить значний економічний ефект при їх виготовленні та експлуатації. Запропонований підхід орієнтований на використання розповсюджених програмних комплексів (наприклад, Microsoft Excel), які використовуються технічними службами більшості підприємств, і не вимагає додаткових капіталовкладень (придбання спеціалізованих програм та відповідного навчання технічного персоналу). Це додатково аргументує правильність спрямування науково-дослідних робіт. Запропонований алгоритм може бути використаний при вирішенні інших відповідних оптимізаційних задач на основі узагальнених математичних моделей.

Ключові слова: оптимальні параметри; складові елементи вагонів; вантажні вагони; узагальнені математичні моделі

Вступ

Стійка робота транспортної системи будь-якої країни є найважливішою умовою її соціально-економічного розвитку. Процес перевезень сировини й готової продукції – одна з основних ланок у ланцюзі матеріального виробництва. Він може виконуватися різними видами транспорту. У транспортній системі України залізниці займають провідне місце, і відповідно розвиток залізничної галузі є одним з пріоритетних завдань Транспортної стратегії України на період до 2020 року, яку було затверджено на засіданні Кабінету Міністрів України 20 жовтня 2010 року. Реалізація цього завдання передбачає виконання робіт з оновлення рухомого складу, удосконалення технології організації перевезень, модернізації інфраструктури. При цьому, за оцінками експертів [1, 3], на сьогодні найбільша частка рухомого складу України припадає на парк вантажних вагонів, який більш ніж на 60 % складається з вагонів, які

експлуатуються на грані призначеного терміну служби, що зумовлює гостру необхідність в його оновленні. Слід наголосити, що і в інших країнах з шириною залізничної колії 1520 мм активно відбувається процес оновлення відповідних інвентарних та власних парків вагонів. Звичайно, найбільшим попитом користуються моделі з найкращими техніко-економічними та експлуатаційними показниками (ТЕЕП) і відповідно найбільшу кількість замовлень на виробництво нового рухомого складу отримують підприємства, які такі моделі виготовляють. Проте виконаний у роботах [4, 5, 7, 10] аналіз базових моделей вантажних вагонів вітчизняних вагонобудівників вказав на те, що вони мають значний конструкційний резерв з поліпшення ТЕЕП. У свою чергу, це визначає важливість та актуальність створення вітчизняних конкурентоспроможних моделей вагонів, що є складною науково-технічною проблемою, вирішення якої на сучасному рівні потребує ре-

РУХОМИЙ СКЛАД ЗАЛІЗНИЦЬ І ТЯГА ПОЇЗДІВ

лізації системного підходу з урахуванням досвіду експлуатації та досягнень розвитку науки й техніки.

Одним з перспективних напрямків поліпшення ТЕЕП вантажних вагонів є комплексне удосконалення їх конструкцій шляхом модернізації окремих складових [2, 8–10], зокрема вузлових (наприклад, балки шворневі, проміжні, хребтові й т. д.) та базових елементів (наприклад, стояки вертикальні стін бокових, пояси стін торцевих та ін.).

У роботах [6–10] було висвітлено: формалізований запис задачі оптимізаційного проектування на основі методів математичного планування експерименту, отримання узагальнених математичних моделей (УММ) [10–13] для опису залежності основних показників (міцнісних та масових) складових від геометричних параметрів (висота, ширина та товщини листа) і підхід до визначення оптимальних рішень на основі аналізу розроблених допоміжних графіків. У цій роботі пропонується підхід до визначення оптимальних рішень за допомогою алгоритму, який реалізується на ПЕОМ.

Мета

У статті описано особливості та приклад використання запропонованого алгоритму визначення оптимальних геометричних параметрів складових елементів вантажних вагонів на основі УММ, який реалізується на ПЕОМ.

Методика

У загальному вигляді запропонований підхід до відшукування оптимальних геометричних параметрів можна охарактеризувати як визначення оптимального рішення із виділеної сукупності можливих варіантів [10, 13].

Результати

Запропонований алгоритм подано на рис. 1 у вигляді блок-схеми. На першому етапі алгоритму пропонується визначення УММ для основних міцнісних характеристик (W_x, W_y – моменти опору перерізу у відповідних координатах) та погонної маси профілю $m_{\text{пог}}$, що розглядається. Після цього вводяться: граничнодопустимі значення моментів опору ($[W_x], [W_y]$), мінімальні та максимальні значення геометри-

чних параметрів ($h_{\text{max}}, h_{\text{min}}, b_{\text{max}}, b_{\text{min}}, \delta_{\text{max}}, \delta_{\text{min}}$) і кроки зміни їх значень ($h_{\text{крок}}, b_{\text{крок}}, \delta_{\text{крок}}$). Особливості виконання вищезазначених робіт детально розписано в статтях [5, 8–10].

Наступним кроком є визначення кількості можливих варіантів (N) з урахуванням $h_{\text{max}}, h_{\text{min}}, b_{\text{max}}, b_{\text{min}}, \delta_{\text{max}}, \delta_{\text{min}}, h_{\text{крок}}, b_{\text{крок}}, \delta_{\text{крок}}$. Після проходження вищезазначених етапів формується загальна база даних (БД), яка містить усі можливі в даному випадку варіанти поєднань h, b, δ і їх міцнісні та масові характеристики.

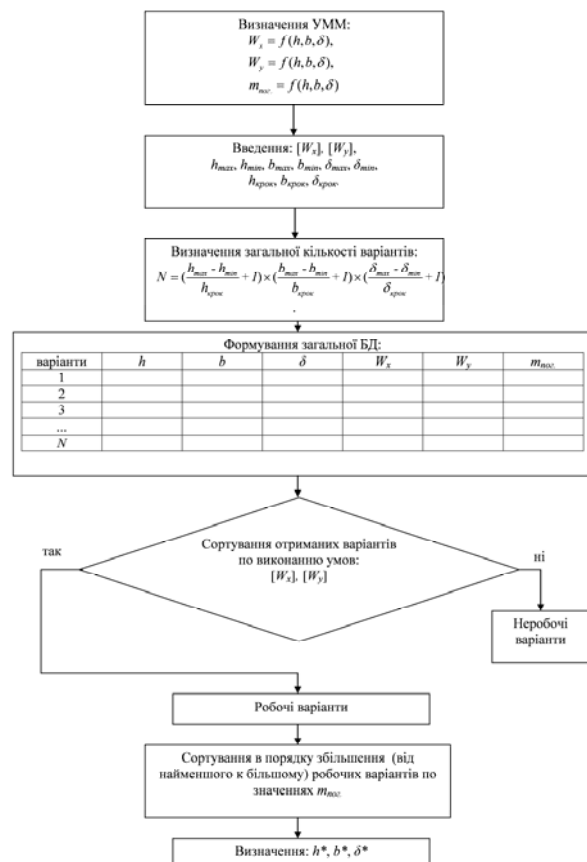


Рис. 1. Блок-схема алгоритму визначення оптимальних геометричних параметрів на основі УММ

Наступні етапи розробленого алгоритму присвячені сортуванню варіантів загальної БД з метою відшукування оптимального рішення. Так, спочатку із загальної БД шляхом перевірки на виконання умови $W_x^i \geq [W_x]$ (де W_x^i – момент опору за координатою x для кожного варіанта) виокремлюються варіанти, що задовольняють зазначену умову, і потім із цих варіантів, відбираються варіанти, які задовольняють умо-

РУХОМИЙ СКЛАД ЗАЛІЗНИЦЬ І ТЯГА ПОЇЗДІВ

ву $W_y^i \geq [W_y]$ (де W_y^i – момент опору за координатою y для кожного варіанта). Таким чином формуються БД із робочих та неробочих варіантів.

Наступним кроком є сортування робочих варіантів у порядку від найменшого значення до найбільшого за масовою характеристикою $m_{\text{пог.}}$. Відповідно варіант з найнижчим значенням $m_{\text{пог.}}$ і буде вважатися найкращим, а його геометричні показники h^* , b^* , δ^* – оптимальними.

Наукова новизна та практична значимість

Вищеописаний алгоритм, який формалізовано є процедурою визначення оптимальних геометричних параметрів складових елементів вантажних вагонів на основі узагальнених математичних моделей, автором було реалізовано на ПЕОМ у програмі Microsoft Excel для визначення оптимальних геометричних параметрів профілю з перерізом прямокутної труби (рис. 2, а), який запропоновано використовувати замість профілю (рис. 2, б) вагонного стояка (ГОСТ 5267.6-90) як стояки вертикальних стін бокових та пояси стін торцевих універсальних напіввагонів.

У формулах (1)–(3) подано отримані та перевірені раніше УММ для профілю прямокутної труби з урахуванням досліджуваних границь варіювання змінних:

$$m_{\text{пог.}} = (-2,9E - 15) h - 3,084\delta^2 + 1,542h\delta + 1,542b\delta \quad (1)$$

$$W_x = 179,9498 - 16,6388h - 9,70094b - 207,822\delta + 0,237427h^2 + 0,000981b^2 - 60,8609\delta^2 + 0,69646hb + 21,96h\delta + 12,356b\delta; \quad (2)$$

$$W_y = 137,5195 - 9,57056h - 13,3553b - 158,925\delta + 0,000317h^2 + 0,235580b^2 - 53,0205\delta^2 + 0,697883hb + 12,33214h\delta + 17,5429b\delta; \quad (3)$$

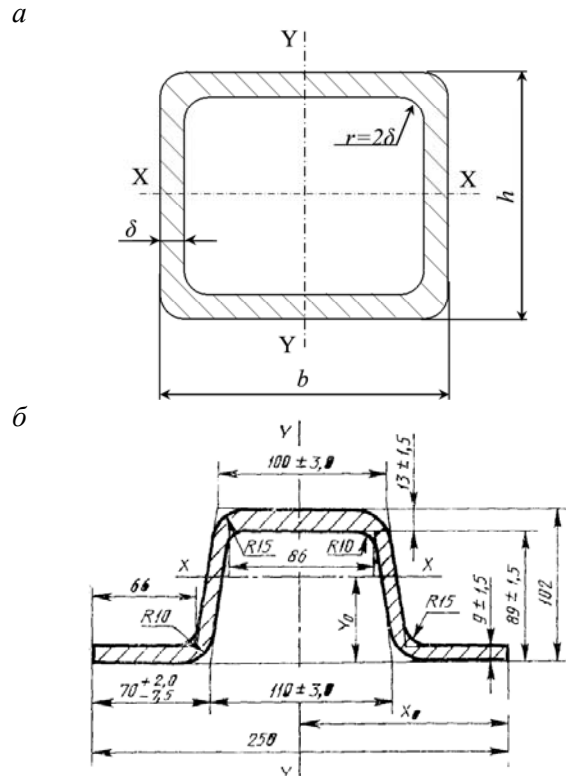


Рис. 2. Перерізи профілів:

а – прямокутної труби; б – профілю вагонного стояка

Профіль вагонного стояка характеризується такими показниками: $W_x = 116,35 \text{ см}^3$, $W_y = 117,54 \text{ см}^3$, маса 1 метра погонної довжини – $m_{\text{пог.}} = 28,71 \text{ кг}$. Тому в цій задачі $[W_x] = 116,35 \text{ см}^3$, $[W_y] = 117,54 \text{ см}^3$. Як граничні значення зміни прямокутної труби h , b , δ з урахуванням конструкційних особливостей обрані: $h = 6,5 \dots 11 \text{ см}$, $b = 10,5 \dots 15 \text{ см}$, $\delta = 0,4 \dots 1,3 \text{ см}$; а як $h_{\text{крок}} = 0,5 \text{ см}$, $b_{\text{крок}} = 0,5 \text{ см}$, $\delta_{\text{крок}} = 0,1 \text{ см}$. У такій постановці загальна кількість можливих варіантів поєднань h , b , δ з урахуванням зазначених границь варіювання та кроків дорівнює $N = 1\,000$ варіантів. З урахуванням зазначеного було розроблено таблицю, у якій прораховано всі можливі $1\,000$ варіантів. Після чого із них відсортовано $W_x^i \geq 116,35 \text{ см}^3$ і з варіантів (116 варіантів), які задовольнили зазначену умову, сформовано БД робочих варіантів. З'ясовано, що всі 116 варіантів задовольняють умову $W_y^i \geq 117,54 \text{ см}^3$. Після сортування від мінімального до максимального значення робочих варіантів за величиною $m_{\text{пог.}}$ визначено найкращий варіант з оптимальними значеннями h , b ,

РУХОМИЙ СКЛАД ЗАЛІЗНИЦЬ І ТЯГА ПОЇЗДІВ

δ : $h^* = 11$ см, $b^* = 15$ см, $\delta^* = 0,7$ см, при яких $W_x = 118,8$ см³, $W_y = 142,54$ см³, маса 1 метра погонної довжини – $m_{\text{пог}} = 26,55$ кг.

Для перевірки отриманого результату в програмному комплексі було розроблено профіль прямокутної труби (рис. 3) з показниками $h^* = 11$ см, $b^* = 15$ см, $\delta^* = 0,7$ см.

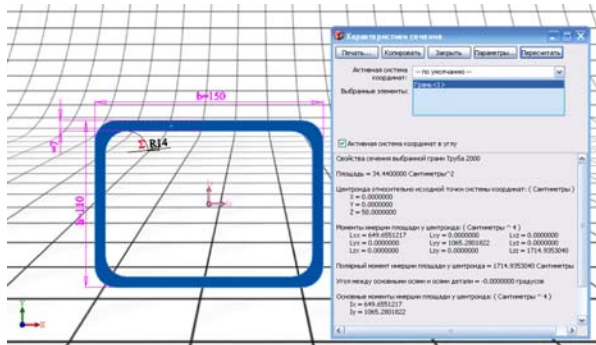


Рис. 3. Профіль прямокутної труби при перевірці отриманого результату

Порівняння отриманих характеристик з їх розрахованими значеннями підтверджує правильність виконаних досліджень. До того ж правильність отриманих результатів підтверджують дослідження із застосуванням MathCAD для визначення оптимальних геометричних параметрів складових елементів вантажних вагонів на основі узагальнених математичних моделей.

Впровадження результатів виконаних та наведених як приклад досліджень дозволить знизити тару та відповідно підвищити вантажопідйомність напіввагона майже на 100 кг при покращенні міцнісних характеристик. З урахуванням масовості парку універсальних напіввагонів це забезпечить значний економічний ефект під час їх виготовлення (зниження матеріаломісткості) та експлуатації (підвищення маси вантажу, що перевозиться, при незмінній кількості вагонів у складі поїзда).

Висновки

Наведений приклад використання запропонованого алгоритму засвідчив його працездатність та ефективність. Слід зауважити, що описаний підхід орієнтований на застосування поширених програмних комплексів (наприклад, Microsoft Excel), які використовуються технічними службами більшості підприємств, і не потребує додаткових капіталовкладень (придбання спеціалізованих програм та відповідного на-

вчання технічного персоналу), що додатково підтверджує правильність спрямування науково-дослідних робіт.

Цей алгоритм може бути використаний під час вирішення інших відповідних оптимізаційних задач на основі УММ.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Горобець, В. Л. Модель выносливости материалов и конструкций с учетом эволюции их механических характеристик / В. Л. Горобець, Ю. И. Саввин // Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Д., 2008. – Вип. 21. – С. 7–15.
2. Горобець, В. Л. Оценка коэффициентов запаса выносливости и эквивалентных по разрушающей способности циклических напряжений по данным натурных испытаний подвижного состава / В. Л. Горобець // Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Д., 2003. – Вип. 1. – С. 116–122.
3. Данько, М. І. Удосконалення організаційно-технологічної моделі використання вантажних вагонів різної форми власності на залізницях України / М. І. Данько, Д. В. Ломотко, В. В. Кулешов // Зб. наук. пр. УкрДАЗТ. – Х., 2012. – Вип. 129. – С. 5–11.
4. Мороз, В. І. Визначення перспективних напрямків удосконалення конструкції напіввагонів виробництва ДП «Укрспецвагон» / В. І. Мороз, В. В. Фомін, О. В. Фомін // Зб. наук. пр. УкрДАЗТ. – Х., 2008. – Вип. 99. – С. 72–81.
5. Мороз, В. І. Модернізація стійки вертикальної стіни бокової універсальних напіввагонів вітчизняного виробництва / В. І. Мороз, О. В. Фомін // Зб. наук. пр. УкрДАЗТ. – Х., 2011. – Вип. 123. – С. 196–201.
6. Мороз, В. І. Формалізоване описання конструкції залізничних вантажних вагонів / В. І. Мороз, О. В. Фомін // Зб. наук. пр. УкрДАЗТ. – Х., 2009. – Вип. 107. – С. 173–179.
7. Фомін, О. В. Визначення перспективних напрямків проектування несучих систем у вантажному вагонобудуванні / О. В. Фомін // Східно-Європейський журн. передових технологій. – 2012. – № 3/7 (57). – С. 32–35.
8. Фомін, О. В. Модернізація елементів стіни бокової універсальних напіввагонів вітчизняного виробництва / О. В. Фомін // Зб. наук. пр. УкрДАЗТ. – Донецьк, 2011. – Вип. 26. – С. 111–115.
9. Фомін, О. В. Розробка методики впровадження різних профілів в якості складових елементів несучих систем вантажних вагонів / О. В. Фомін // Вісн. НТУ «ХПІ». – Х., 2012. – Вип. 26. – С. 29–33.

РУХОМИЙ СКЛАД ЗАЛІЗНИЦЬ І ТЯГА ПОЇЗДІВ

10. Фомін, О. В. Оптимізаційне проектування елементів кузовів залізничних напіввагонів та організація їх виробництва : монографія / О. В. Фомін. – Донецьк : ДонІЗТ УкрДАЗТ, 2013. – 251 с.
11. Box, M. J. Non-Linear Optimization Techniques / M. J. Box, D. Davies, W. H. Swann. – Edinburg : Oliver and Boyd, 1972. – 60 p.
12. Global Optimization, Algorithms Nonlinear Optimization: Theory and Algorithms / F. Archetti, G. P. Szego, L. C. W. Dixon et al. – Boston : Birkhauser, 1980. – 415 p.
13. Roth, K. Algorithmisches Auswahlverfahren Zur Konstruktion mit Katalogen / K. Roth, H. Franke, R. Simolek // Feinwerktechnik. – 1971. – № 75. – P. 337–345.

А. В. ФОМИН^{1*}

^{1*}Каф. «Подвижной состав железных дорог», Донецкий институт железнодорожного транспорта Украинской государственной академии железнодорожного транспорта, ул. Артема, 184, Донецк, Украина, 83018, тел. +38 (067) 813 97 88, эл. почта fomin1985@list.ru

АЛГОРИТМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПТИМАЛЬНЫХ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ СОСТАВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ НА ОСНОВЕ ОБОБЩЕННЫХ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ

Цель. Представление особенностей и примера использования предложенного алгоритма определения оптимальных геометрических параметров составных элементов грузовых вагонов на основе обобщенных математических моделей, который реализуется на персональном компьютере. **Методика.** Разработанный подход к отысканию оптимальных геометрических параметров можно охарактеризовать как определение оптимального решения из выделенной совокупности возможных вариантов. **Результаты.** Представленный пример применения предложенного алгоритма засвидетельствовал его работоспособность и эффективность использования. **Научная новизна.** В работе формализована процедура определения оптимальных геометрических параметров составных элементов грузовых вагонов на основе обобщенных математических моделей. **Практическая значимость.** Практическое внедрение результатов исследований для универсальных полувагонов позволит снизить тару их конструкции и, соответственно, повысить грузоподъемность почти на сто килограмм при улучшении прочностных характеристик, что, с учетом массовости их парка, обеспечит значительный экономический эффект при их изготовлении и эксплуатации. Предложенный подход ориентирован на использование распространенных программных комплексов (например, Microsoft Excel), которые используются техническими службами большинства предприятий, и не требует дополнительных капиталовложений (приобретения специализированных программ и соответствующего обучения технического персонала). Это дополнительно аргументирует правильность направления научно-исследовательских работ. Предложенный алгоритм может быть использован при решении других соответствующих оптимизационных задач на основе обобщенных математических моделей.

Ключевые слова: оптимальные параметры; составные элементы вагонов; грузовые вагоны; обобщенные математические модели

О. В. FOMIN^{1*}

^{1*}Dep. «Rolling Stock of Railways», Donetsk Institute of Railway Transport of the Ukrainian State Academy of Railway Transport, Artem St., 184, Donetsk, Ukraine, 83018, tel. +38 (067) 813 97 88, e-mail fomin1985@list.ru

DETERMINATION ALGORITHM OF OPTIMAL GEOMETRICAL PARAMETERS FOR COMPONENTS OF FREIGHT CARS ON THE BASIS OF GENERALIZED MATHEMATICAL MODELS

Purpose. Presentation of features and example of the use of the offered determination algorithm of optimum geometrical parameters for the components of freight cars on the basis of the generalized mathematical models, which is realized using computer. **Methodology.** The developed approach to search for optimal geometrical parameters can be described as the determination of optimal decision of the selected set of possible variants. **Findings.** The presented

РУХОМИЙ СКЛАД ЗАЛІЗНИЦЬ І ТЯГА ПОЇЗДІВ

application example of the offered algorithm proved its operation capacity and efficiency of use. **Originality.** The determination procedure of optimal geometrical parameters for freight car components on the basis of the generalized mathematical models was formalized in the paper. **Practical value.** Practical introduction of the research results for universal open cars allows one to reduce container of their design and accordingly to increase the carrying capacity almost by 100 kg with the improvement of strength characteristics. Taking into account the mass of their park this will provide a considerable economic effect when producing and operating. The offered approach is oriented to the distribution of the software packages (for example Microsoft Excel), which are used by technical services of the most enterprises, and does not require additional capital investments (acquisitions of the specialized programs and proper technical staff training). This proves the correctness of the research direction. The offered algorithm can be used for the solution of other optimization tasks on the basis of the generalized mathematical models.

Keywords: optimal parameters; components of cars; freight cars; generalized mathematical models

REFERENCES

1. Gorobets V.L., Savvin Yu.I. Model vynoslivosti materialov i konstruktсий s uchetoм evolyutsii ikh mekhanicheskikh kharakteristik [Hardness model of materials and structures, taking into account the evolution of their mechanical properties]. *Visnyk Dnipropetrovskoho natsionalnoho universytetu zaliznychnoho transportu imeni akademika V. Lazaryana* [Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan], 2008, issue 21, pp. 7-15.
2. Gorobets V.L. Otsenka koeffitsientov zapasa vynoslivosti i ekvivalentnykh po razrushayushchey sposobnosti tsiklicheskikh napryazheniy po dannym naturnykh ispytaniy podvizhnogo sostava [Evaluation of safety coefficient for strength and equivalent in destructive power of cyclic stresses according to field tests of the rolling stock]. *Visnyk Dnipropetrovskoho natsionalnoho universytetu zaliznychnoho transportu imeni akademika V. Lazaryana* [Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan], 2003, issue 1, pp. 116-122.
3. Danko M.I., Lomotko D.V., Kuleshov V.V. Udoskonalennia orhanizatsiino-tekhnologichnoi modeli vykorystannia vantazhnykh vahoniv riznoi formy vlasnosti na zaliznytsiakh Ukrainy [Improvement of the organizational and technological use model of freight cars of various forms on the railways of Ukraine]. *Zbirnyk naukovykh prats Ukrainiskoi Derzhavnoi Akademii Zaliznychnoho Transportu* [Proc. of Ukrainian State Academy of Railway Transport], Kharkiv, 2012, issue 129, pp. 5-11.
4. Moroz V.I., Fomin V.V., Fomin O.V. Vyznachennia perspektyvnykh napriamkiv udoskonalennia konstruktсии napivvahoniv vyrobnytstva DP «Ukrspetsvahon» [Determination of the promising direction for improvement of the open car design of SE "Ukrspetsvagon"]. *Zbirnyk naukovykh prats Ukrainiskoi Derzhavnoi Akademii Zaliznychnoho Transportu* [Proc. of Ukrainian State Academy of Railway Transport], Kharkiv, 2008, issue 99, pp. 72-81.
5. Moroz V.I., Fomin O.V. Modernizatsiia stiiky vertykalnoi stiny bokovoi universalnykh napivvahoniv vitchyznianoho vyrobnytstva [Modernization of the vertical wall stand of the side of the universal open car of domestic production]. *Zbirnyk naukovykh prats Ukrainiskoi Derzhavnoi Akademii Zaliznychnoho Transportu* [Proc. of Ukrainian State Academy of Railway Transport], Kharkiv, 2011, issue 123, pp. 196-201.
6. Moroz V.I., Fomin O.V. Formalizovane opysannia konstruktсии zaliznychnykh vantazhnykh vahoniv [Formal description for construction of the railway freight cars]. *Zbirnyk naukovykh prats Ukrainiskoi Derzhavnoi Akademii Zaliznychnoho Transportu* [Proc. of Ukrainian State Academy of Railway Transport], Kharkiv, 2009, issue 107, pp. 173-179.
7. Fomin O.V. Vyznachennia perspektyvnykh napriamkiv proektuvannia nesuchykh system u vantazhnomu vahonobuduvanni [Determination of the promising directions for designing of supporting systems in the freight car building]. *Skhidno-Yevropeyskyi zhurnal peredovykh tekhnolohii – East European Journal of Advanced Technologies*, 2012, no. 3/7 (57), pp. 32-35.
8. Fomin O.V. Modernizatsiia elementiv stiny bokovoi universalnykh napivvahoniv vitchyznianoho vyrobnytstva [Modernization of the wall elements of the universal open cars side of the domestic production]. *Zbirnyk naukovykh prats Donetskoho instytutu zaliznychnoho transportu* [Proc. of Donetsk Institution of Railway Transport], Donetsk, 2011, issue 26, pp. 111-115.
9. Fomin O.V. Rozrobka metodyky vprovadzhennia riznykh profiliv v yakosti skladovykh elementiv nesuchykh system vantazhnykh vahoniv [Development of methodology for the implementation of different profiles as the components of supporting systems of freight cars]. *Visnyk Natsionalnoho tekhnichnoho universytetu «Kharkivskiy politekhnichnyi instytut»* [Bulletin of National Technical University "Kharkiv Polytechnic University"], 2012, issue 26, pp. 29-33.

РУХОМИЙ СКЛАД ЗАЛІЗНИЦЬ І ТЯГА ПОЇЗДІВ

10. Fomin O.V. *Optymizatsiine proektuvannia elementiv kuzoviv zaliznychnykh napivvohoniv ta orhanizatsiia yikh vyrobnytstva* [Optimization design of the body elements of railway open cars and the organization of their production]. Donetsk, DonIZT UkrDAZT Publ., 2013. 251 p.
11. Box M.J., Davies D., Swann W.H. *Non-Linear Optimization Techniques*. Edinburg, Oliver and Boyd Publ., 1972. 60 p.
12. F. Archetti, G. P. Szego, L. C. W. Dixon, E. Spedicato, G.P. Szego. *Global Optimization, Algorithms Nonlinear Optimization: Theory and Algorithms*. Boston, Birkhauser Publ., 1980. 415 p.
13. K. Roth, H. Franke, R. Simolek. *Algorithmisches Auswahlverfahren Zur Konstruktion mit Katalogen*. *Feinwerktechnik*, 1971, no. 75, pp. 337-345.

Стаття рекомендована до публікації д.т.н., проф. М. М. Чепцовим (Україна); д.т.н., проф. С. В. Мямліним (Україна)

Надійшла до редколегії 21.08.2013

Прийнята до друку 24.10.2013

UDC 628.84:519.6

I. YU. KHOMENKO^{1*}

^{1*}Dep. «Cars and Carriages' Economy», Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan, Lazaryan St., 2, Dnipropetrovsk, Ukraine, 49010, tel. +38 (097) 677 84 70, e-mail irina.in_ua@yahoo.com

**MATHEMATICAL MODELING OF UNSTEADY HEAT EXCHANGE
IN A PASSENGER CAR**

Purpose. Existing mathematical models of unsteady heat exchange in a passenger car do not satisfy the need of the different constructive decisions of the life support system efficiency estimation. They also don't allow comparing new and old life support system constructions influence on the inner environment conditions. Moreover quite frequently unsteady heat exchange processes were studied at the initial car motion stage. Due to the new competitive engineering decisions of the life support system the need of a new mathematical instrument that would satisfy the mentioned features and their influence on the unsteady heat exchange processes during the whole time of the road appeared. The purpose of this work is creation of the mathematical model of unsteady heat exchange in a passenger car that can satisfy the above-listed requirements. **Methodology.** For the assigned task realization system of differential equations that characterizes unsteady heat exchange processes in a passenger car was composed; for the system of equations solution elementary balance method was used. **Findings.** Computational algorithm was developed and computer program for modeling transitional heat processes in the car was designed. It allows comparing different life support system constructions influence on the inner environment conditions and unsteady heat exchange processes can be studied at every car motion stage. **Originality.** Mathematical model of unsteady heat exchange in a passenger car was improved. That is why it can be used for the heat engineering studying of the inner car state under various conditions and for the operation of the different life support systems of passenger cars comparison. Mathematical modeling of unsteady heat exchange in a passenger car was made by the elementary balance method. **Practical value.** Created mathematical model gives the possibility to simulate temperature changes in passenger car on unsteady thermal conditions with enough accuracy and to introduce and remove additional elements to the designed model. Thus different constructive decisions of the life support system can be estimated by the mathematical experiment.

Keywords: mathematical modeling; passenger car; unsteady thermal processes; life support system

Introduction

Nowadays mathematical modeling approach is widely used for different constructive decisions efficiency estimation. This way of modeling allows reconstructing real-life equipment operation and influence of different factors on it. In addition mathematical models can be applied to make a comparison of variant constructive decisions among themselves [11]. Thereby creation of a mathematical model of unsteady heat exchange processes in a passenger car on transitional operation modes of the life support system is a significant scientific problem. That is why the creation of such model is a purpose of this article.

In the papers [4, 5, 6] mathematical modeling of unsteady heat exchange processes in a passenger car was considered. Integral mathematical model of transient processes was created. Generalized model of unsteady heat mode, that was given in [4] is based on the assumption that the temperature of

inside walls of the compartment of railway carriage and the temperature of the inside air are equal. This hypothesis decreases considerably the accuracy of the modeling, especially on the initial phase of unsteady process, when value and sometimes direction of a heat flows increases dramatically. On this phase the difference between wall and air temperature is significant and characterizes the nature of the heat exchange processes.

Numerical approaches of the unsteady heat exchange problems solving are widely used [2, 14]. Contemporary methods of heat and mass exchange processes calculation are based on differential equations of moving, continuity, heat conductivity and diffusion, which were derived for the small volumes of material [13]. Differential equation of heat conductivity has variety of solutions. Specifics of every concrete process are adjusted for single value requirements, which consist of geometric, physical and time boundary conditions.

Purpose

The purpose of this work is creation of the mathematical model of unsteady heat exchange in a passenger car that can be used for the different constructive decisions of the life support system efficiency estimation on every stage of the road.

Methodology

For the assigned task realization system of differential equations that characterizes unsteady heat exchange processes in a passenger car was composed; for the system of equations solution elementary balance method was used.

Mathematical modeling

At a physical point of view a passenger car equipped with an air conditioning system is an open self-regulating thermodynamic system. Controlled variables in this system are: temperature t , humidity ϕ and the inner air structure. To handle them atmospheric air is used. It is forced through the car and through the air conditioner [4].

Interior, systems and equipment of the car influence the heat exchange processes behavior. In the heat exchange processes convective, radiative and conductive heat transfer are combined [12]. Great number of used materials that have different heat capacity; ramified surface of the inner car interior and intensive passenger saloon ventilation promote to do this.

Assumptions

The following assumptions are made to simplify the mathematical model:

Temperature field of the air in the main, central zone of the open compartment, with the help of the free and forced convection stays close to steady in spite of the fact that the air heat conductivity is very low. That is why during the modeling of the heat exchange between the air and the walls heat model with isothermal core, which is circled with a heat-insulated cover, can be used. Cover heat capacity can be neglected while its specific conductivity coincides with the heat-transfer coefficient. Such heat model of isothermal core which is circled with a heat-insulated cover is often used in the heat exchange theory [7].

Heat and mass exchange processes are considered as if they occur independently from each other.

Heat flow from the solar radiation will be counted as if it is applied directly to the inner volume of the open compartment (notably it is modeled as a three-dimensional heat source) [14].

Flow G_x of a cold air from the air conditioner or from the cold accumulator, which comes to the passenger saloon with the temperature t_x , relative humidity ϕ_x and specific enthalpy i_x , agitates instantly inside the car and can absorb the heat of the heated inner walls and heat and moisture emissions from the passengers. Notably, heat flow, which is taken by the air conditioner, is considered as volume heat outflow.

Model formulation

Heat flow, which is absorbed by the cooled air during its way through the passenger saloon, evaluates the air temperature change and consists of the next components:

$$mc_p \frac{dt}{d\tau} = Q_{wall} + Q_{solrad} + Q_{in} + Q_{evap} + Q_{outair} - Q_{cond}, \quad (1)$$

where m – air mass in the car, c_p – air heat capacity;

The heat flow that is given by the all inner elements and the car walls:

$$Q_{wall} = \sum \alpha F_{wall} (t_{wall}(\tau) - t_{air}(\tau)),$$

where α – heat-transfer coefficient, F_{wall} – surface area of the wall or inner interior element, t_{wall} – temperature of the wall or inner interior element, τ – time, t_{air} – air temperature of the passenger saloon; Q_{solrad} – heat flow from the solar radiation; Q_{in} – heat flow that comes from passengers and inner equipment. It is constant and its value depends on passengers' number and on the installed equipment; Q_{evap} – heat flow that comes to the air directly from the passengers moisture evaporation; Q_{cond} – heat flow that withdraws by the air conditioner; Q_{outair} – heat flow that comes from the outdoor air that is inputted to the passenger saloon and that is determined as its enthalpy change:

$$Q_{outair} = G_{out} \rho (i_{out} - i_{in}),$$

where G_{out} – amount of the outdoor air that is inputted to the passenger saloon, ρ – air density, i_{out} and i_{in} – outdoor and indoor air heat content.

РУХОМИЙ СКЛАД ЗАЛІЗНИЦЬ І ТЯГА ПОЇЗДІВ

Thus heat balance combined equation for the air in the passenger saloon of the car on unsteady mode comes from the general substance equation and can be calculated by the following correlation:

$$mc_p \frac{dt}{d\tau} = \sum \alpha F_{wall} (t_{wall}(\tau) - t_{air}(\tau)) + Q_{solrad} + Q_{in} + Q_{evap} + G_{out} \rho (i_{out} - i_{in}) - Q_{cond}. \quad (2)$$

On the other hand heat conduction in the elements of the car construction is determined by the thermal conductivity processes typical for solid bodies and in general case is described by the equation:

$$c_k \rho_k \frac{\partial t_k}{\partial \tau} = \text{div}(\lambda_k \text{grad} t_k), \quad (3)$$

where $k = 1, 2, 3$ – indices of corresponding construction elements; c – heat capacity; ρ – specific density; λ – thermal conductivity.

Boundary conditions

Boundary conditions that determine heat exchange between elements surface and the inner and outdoor air have the appearance:

$$\left(\lambda_{wall} \frac{\partial t_{wall}}{\partial n} \right)_F + \alpha (t_{air} - t_{wall}) = 0, \quad (4)$$

where α – heat-transfer coefficient.

Thus heat balance equations (2), (3) and equation (4) describe the researched thermal processes. In order to solve the composed system of the differential equations the elementary balance method was chosen [1, 3, 8, 10]. This method also can be met in literature as the direct finite element method, global balance or power balance method [8] and is a special case of the residual method.

Heat penetration per second to the element is characterized by the heat exchange conditions on its boundaries or by the conditions on the boundaries between constructional elements i and j :

$$\left(\lambda \frac{\partial t}{\partial n} \right)_{i,F} = - \left(\lambda \frac{\partial t}{\partial n} \right)_{j,F},$$

where $t_{ij} = t_{ji}$ (condition for continuity of the temperature);

index F shows that values refer to the surface of the contact F_{ij} between the elements i and j . Tem-

perature approximation difference on the border is based on the idea that temperature changes linear on the segment δ_{ij} along the normal between centre of mass of i -element and surface of contact:

$$\frac{\partial t}{\partial n} = \frac{t_i - t_{ij}}{\delta_{ij}}. \quad (5)$$

From (5) we get equation for the temperature on the boundary of two neighboring elements:

$$T_{ij} = \frac{\frac{\lambda_{ji}}{\delta_{ji}} t_j + \frac{\lambda_{ij}}{\delta_{ij}} t_i}{\frac{\lambda_{ji}}{\delta_{ji}} + \frac{\lambda_{ij}}{\delta_{ij}}},$$

and equation for the heat flow from i -element to j -element

$$q_{ji} = \frac{1}{\frac{\delta_{ji}}{\lambda_{ji}} + \frac{\delta_{ij}}{\lambda_{ij}}} (t_j - t_i).$$

During calculations we determine coefficients of thermal conductivity at average temperatures on the segments δ_{ij} between the centre of mass of the elements and the surface of contact. This can demand several iterations.

In the case when we discuss heat exchange between the constructional element and the inner air of the passenger saloon, general equations for boundary temperatures and heat flows are true

$$t_{ij} = \frac{r_{ij} t_j + r_{ji} t_i}{r_{ij} + r_{ji}},$$

$$q_{ji} = \frac{1}{r_{ij} + r_{ji}} (t_j - t_i), \quad (6)$$

where r_{ij} and r_{ji} – coefficients of thermal resistance between neighboring elements. They are calculated as:

$$r_{ij} = \begin{cases} \alpha^{-1}, & \text{when } i\text{-element is inner} \\ \text{open compartment volume} \\ \frac{\delta_{ij}}{\lambda_{ij}}, & \text{when } i\text{-element is constructional element} \end{cases}$$

РУХОМИЙ СКЛАД ЗАЛІЗНИЦЬ І ТЯГА ПОЇЗДІВ

Whereas (6), heat balance equation (3) becomes:

$$m_i c_i \frac{dt_i}{d\tau} = \sum_{j=1}^{N_{nb,i}} b_{ji} (t_j - t_i),$$

where coefficients b_{ij} is $F_{ij} / (r_{ij} + r_{ji})$, and among number of neighbors $N_{nb,i}$ can be constructional elements and the open compartment inner volume.

Equation (2) for the inner volume of the car in this case will be:

$$m c_p \frac{dt}{d\tau} = \sum_{j=1}^{N_{nb,i}} b_{ji} (t_j - t_i) + Q_{solrad} + Q_{in} + Q_{evap} + G_{out} \rho (i_{out} - i_{in}) - Q_{cond},$$

Knowing boundaries elementary areas value of the time step-interval $\Delta\tau$ should be chosen from the condition of quasiequilibrium process $K = \Delta P / P < 1$, where ΔP – parameter value change (in our case of the temperature) between neighboring areas; P – parameter value in a calculation element.

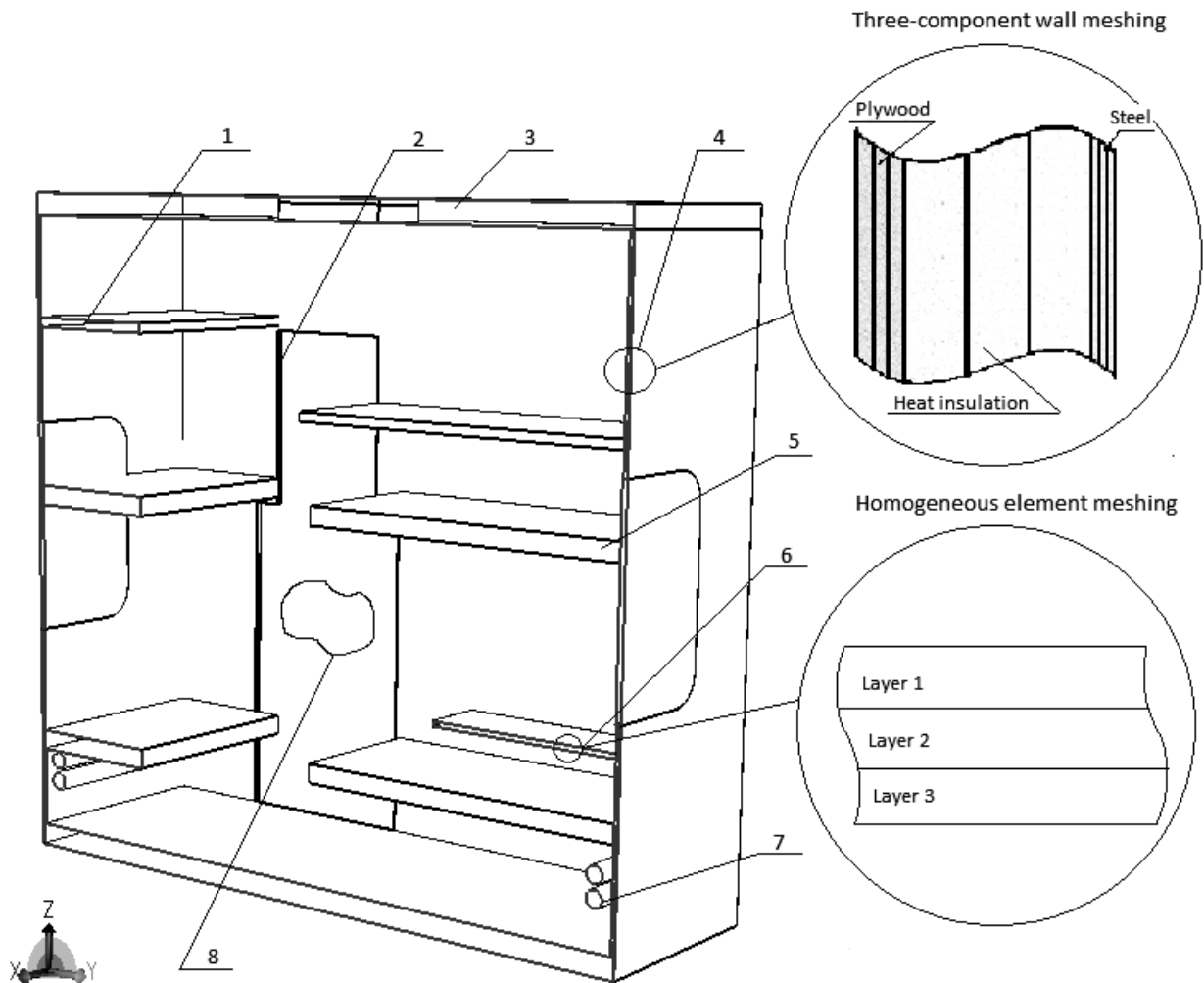


Fig. 1. Three-dimensional model of the open compartment of the second-class sleeping carriage:

- 1 – luggage rack ($c = 0.435 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K}$); 2 – inner partition ($c = 2.5 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K}$); 3 – ceiling ($c_1 = 0.435 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K}$, $c_2 = 0.879 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K}$, $c_3 = 2.512 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K}$); 4 – external walls ($c_1 = 0.435 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K}$, $c_2 = 0.879 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K}$, $c_3 = 2.512 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K}$); 5 – sleeping berth ($c = 1.256 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K}$); 6 – table ($c = 2.512 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K}$); 7 – tubes of the heating system ($c = 0.435 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K}$); 8 – inner air ($c = 1.005 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K}$)

РУХОМИЙ СКЛАД ЗАЛІЗНИЦЬ І ТЯГА ПОЇЗДІВ

In order to solve the composed system of the differential equations the three-dimensional model of the passenger car compartment was designed. (Fig.1). Main calculation elements - «bricks» of discrete representation of investigated systems, which we need for elementary balance method usage, are constructional elements, elements of concentrated volume and bracing members. Bracing members do not have volume and serve for specifying hydrodynamic and thermal resistance and other boundary conditions.

Thus car model is presented as a set of finite elements (elementary volumes), which are the parts of the most big elements of the car construction: out walls, interior and inner partitions and also of the element that describes the inner volume of the open compartment as a system with lumped parameters. As boundary conditions 1) inflow of a cold air from the air conditioner (with a help of a bracing member); 2) heat flow from the environment as a result of convective and the solar radiation heat transfer; 3) heat flow that comes from passengers and inner equipment are specified. In fact we are modeling just one open compartment and hypothesize that thermal situation in the other

compartments is the same. That is the right and the left wall heat gain make 0.

The out walls of the passenger car are modeled as three-layered, as you can see on the Fig. 1. Exterior layer – it is metal sheathing, than goes heat insulation on the basalt base and the third inner layer is a plywood. Every layer by-turn is divided into three calculation elements. Inner partitions were modeling homogeneous. They also were divided into three elements. Components of the interior are specified in a simplified form in the shape of rectangular element set, which have definite thickness, mass and heat exchange surface.

Calculation and verification

For the system of differential equations solving computer program was created. The results of the modeling are presented on the Fig. 2. In addition you can see temperature curve in the compartment that was obtained corresponding to the integral model that was created according to the equations in the paper [4]; and the sanitary and hygienic tests results [9]. Fig. 2 shows that results of the modeling are very close to the test results.

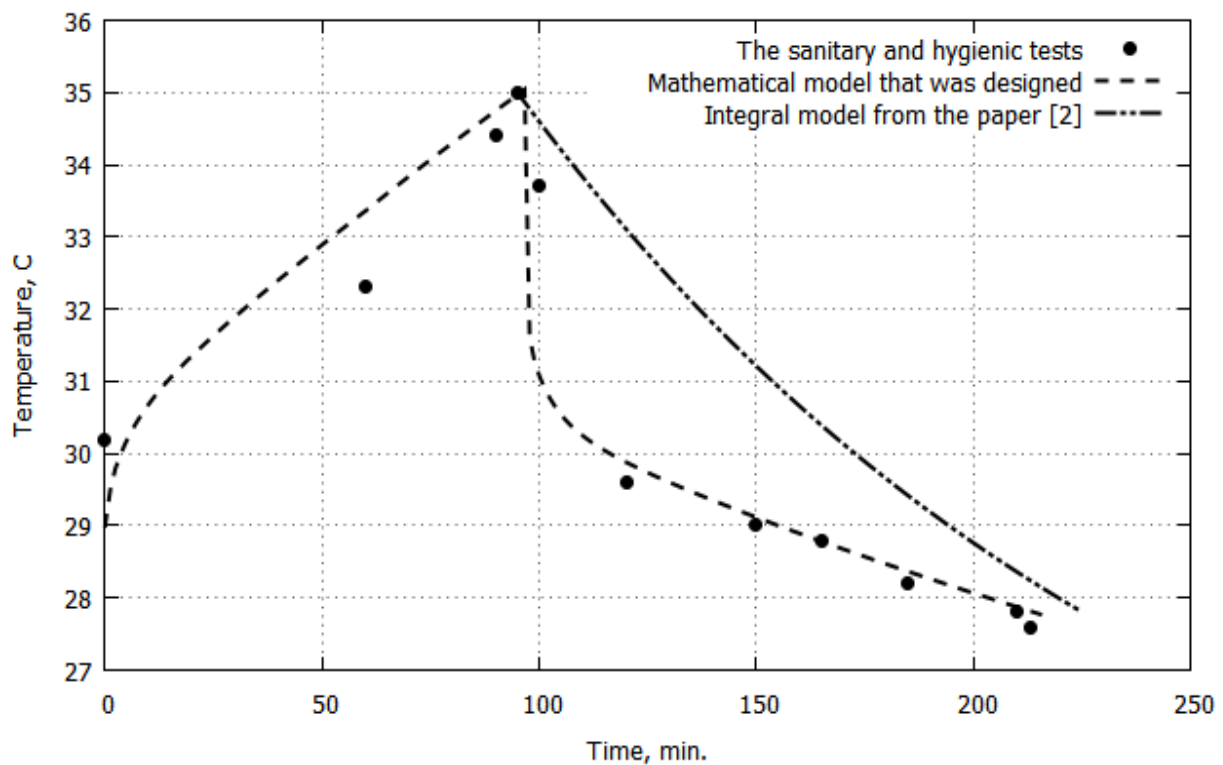


Fig. 2. Temperature diagrams in the passenger car

Thus mathematical model that have been designed can be considered to be accurate enough and can be used for further theoretical research.

Findings

Computational algorithm was developed and computer program for modeling transitional heat processes in the car was designed. It allows comparing different life support system constructions influence on the inner environment conditions and unsteady heat exchange processes can be studied at every car motion stage.

Originality and practical value

Mathematical model of unsteady heat exchange in a passenger car was created taking into account the features that are determined by the present requirements. That is why it can be used for the heat engineering studying of the inner car state under various conditions and for the operation of the different life support systems of passenger cars comparison. Mathematical modeling of unsteady heat exchange in a passenger car was made by the elementary balance method. Created mathematical model gives the possibility to simulate temperature changes in passenger car on unsteady thermal conditions with enough accuracy and to introduce and remove additional elements to the designed model. Thus different constructive decisions of the life support system can be estimated by the mathematical experiment.

Conclusions

In the article the mathematical model of unsteady heat exchange processes in a passenger car was designed. Existing mathematical models and their disadvantages were analyzed. Assumptions were made and contemporary methods of heat exchange processes calculations were used. The system of differential equations that characterizes unsteady heat exchange processes in a passenger car was composed and computational algorithm was developed. Computer program for modeling transitional heat processes in the car was designed and tested. It can be used for the further theoretical studies (for instance the car heat mode comparison) and for making changes of construction of the car life support system.

LIST OF REFERENCE LINKS

1. Антонов, В. И. Численный метод тепловых балансов решения задач теплопроводности для областей сложной формы [Электронный ресурс] // Дифференциальные уравнения и процессы упр. – 2002. – № 1. – С. 71–78. – Режим доступа: <http://www.neva.ru/journal/pdf/2002/vol1/j086.pdf>. – Загл. с экрана.
2. Білобородова, І. М. Оцінка основних тепло-технічних параметрів системи охолодження дискового гальма локомотива / І. М. Білобородова, Ю. І. Осенін, І. І. Соснов // Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Д., 2009. – Вип. 28. – С. 7–11.
3. Голінко, І. М. Моделювання температурного режиму теплообмінника / І. М. Голінко, А. І. Кубрак, А. С. Кравченко // Восточно-Европ. журн. передовых технологий. – 2010. – № 2/7. – С. 24–27.
4. Емельянов, А. Л. Обобщенная математическая модель нестационарного теплового режима пассажирского вагона с СКВ [Электронный ресурс] / А. Л. Емельянов, С. Е. Буравой, Е. С. Платунов // Холодильная техника и кондиционирование. – 2007. – № 1. – С. 34–42. – Режим доступа: <http://refrigeration.open-mechanics.com/articles/71.pdf>. – Загл. с экрана.
5. Емельянов, А. Л. Системы индивидуального регулирования температуры воздуха в купе пассажирского вагона [Электронный ресурс] / А. Л. Емельянов, С. Е. Буравой, Е. С. Платунов // Холодильная техника и кондиционирование. – 2008. – № 1. – С. 15–22. – Режим доступа: <http://refrigeration.open-mechanics.com/articles/72.pdf>. – Загл. с экрана.
6. Емельянов, А. Л. Тепловая инерционность воздуха в помещениях с системами кондиционирования [Электронный ресурс] / А. Л. Емельянов, С. Е. Буравой, Е. С. Платунов // Холодильная техника и кондиционирование. – 2007. – № 1. – С. 27–33. – Режим доступа: <http://refrigeration.open-mechanics.com/articles/70.pdf>. – Загл. с экрана.
7. Исаченко, В. П. Теплопередача : учеб. для втузов / В. П. Исаченко, В. А. Осипова, А. С. Сукомел. – Изд. 3-е. – М. : «Энергия», 1975. – 488 с.
8. Нестационарные тепловые процессы в энергетических установках летательных аппаратов / Н. Д. Коваленко, А. А. Шмукин, М. И. Гужва, В. В. Махин. – К. : Наукова думка, 1988. – 224 с.
9. Протокол санітарно-гігієнічних випробувань вагона № 035-12936. Дніпропетровський національний університет залізничного транс-

РУХОМИЙ СКЛАД ЗАЛІЗНИЦЬ І ТЯГА ПОЇЗДІВ

- порту імені академіка В. Лазаряна. Випробувальна лабораторія вагонів. – Д. : ДНУЗТ, 2011. – 8 с.
10. Фуркало, С. А. Автоматизация расчета теплового прогрева многослойной стенки / С. А. Фуркало, Ю. В. Огир // Космическая техника. Ракетное вооружение : науч. техн. зб. – Д., 2012. – Вип. 1. – С. 197–205.
 11. Ягода, П. А. Решение задач оптимизации конструкций с применением современных программных комплексов // Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Д., 2005. – Вип. 17. – С. 174–177.
 12. Guedri, K. Modelization of combined radiative and conductive heat transfer in three-dimensional complex enclosures / K. Guedri, M. N. Borjini, H. Farhat // Intern. J. of Numerical Methods for Heat & Fluid Flow. – 2005. – Vol. 15, iss. 3. – P. 257–276.
 13. Lienhard, John H. V. A Heat Transfer Textbook: Fourth Edition / John H. Lienhard V., John H. Lienhard IV. – 4th edition. – Cambridge : Phlogiston Press, 2011. – 768 p.
 14. Wilson, E. L. Finite element analysis of linear and nonlinear heat transfer / E. L. Wilson, K. J. Bathe, F. E. Peterson. – Nuclear Engineering and Design. – 1974. – № 1. – P. 110–124.

І. Ю. ХОМЕНКО^{1*}

^{1*}Каф. «Вагони та вагонне господарство», Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, Дніпропетровськ, Україна, 49010, тел. +38 (097) 677 84 70, ел. пошта irina.in_ua@yahoo.com

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ НЕСТАЦІОНАРНИХ ТЕПЛОВИХ ПРОЦЕСІВ У ПАСАЖИРСЬКОМУ ВАГОНІ

Мета. Існуючі математичні моделі нестационарних теплових процесів у пасажирському вагоні не придатні для повної оцінки ефективності нових технічних рішень системи життєзабезпечення пасажирських вагонів та для їх порівняння з уже існуючими конструкціями. Крім того, нестационарні теплові процеси найчастіше досліджувалися на початковому етапі руху вагона. У зв'язку з появою нових конкурентоспроможних технічних рішень системи життєзабезпечення виникла потреба й у створенні нового математичного інструменту, який давав би змогу врахувати ці особливості та їх вплив на перебіг нестационарних теплових процесів протягом усього часу рейсу. Метою даної роботи є створення математичної моделі нестационарних теплових процесів, що задовольняла б вищеперераховані вимоги. **Методика.** Для реалізації поставленої задачі було складено систему диференціальних рівнянь, що описують нестационарні теплові процеси у вагоні; для розв'язання складеної системи рівнянь використовувався метод елементарних балансів. **Результати.** Розроблено розрахунковий алгоритм та створено комп'ютерну програму для моделювання перехідних теплових процесів у пасажирському вагоні, що дозволяє враховувати різні конструктивні рішення системи життєзабезпечення пасажирських вагонів та здійснювати моделювання нестационарних теплових процесів на будь-якому етапі рейсу. **Наукова новизна.** Удосконалено математичну модель теплових процесів у вагоні в динаміці, що дозволяє досліджувати теплотехнічний стан у салоні за різних умов та порівнювати роботу різних систем життєзабезпечення пасажирських вагонів. Проведено математичне моделювання нестационарних теплових режимів у пасажирському вагоні з використанням методу елементарних балансів. **Практична значимість.** Складена розрахункова модель дає змогу моделювати зміни температури у вагоні на нестационарних теплових режимах, досить легко вводити та виводити до розрахункової схеми додаткові елементи. Це дозволяє проводити оцінку різних схем та конструктивних рішень системи життєзабезпечення вагона шляхом математичного експерименту.

Ключові слова: математичне моделювання; пасажирський вагон; нестационарні теплові процеси; система життєзабезпечення

И. Ю. ХОМЕНКО^{1*}

^{1*}Каф. «Вагоны и вагонное хозяйство», Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, 49010, Днепропетровск, Украина, тел. +38 (097) 677 84 70, эл. почта irina.in_ua@yahoo.com

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕСТАЦИОНАРНЫХ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ В ПАССАЖИРСКОМ ВАГОНЕ

Цель. Существующие математические модели нестационарных тепловых процессов в пассажирском вагоне не подходят для полной оценки эффективности новых технических решений системы жизнеобеспечения пассажирских вагонов и для их сравнения с уже существующими конструкциями. Кроме того, нестационарные тепловые процессы чаще всего исследовались на начальном этапе движения вагона. В связи с появлением новых конкурентоспособных технических решений системы жизнеобеспечения, возникла потребность и в создании нового математического инструмента, который давал бы возможность учесть эти особенности и их влияние на протекание нестационарных тепловых процессов на протяжении всего времени в пути. Целью данной работы является создание математической модели нестационарных тепловых процессов, которая бы удовлетворяла вышеперечисленные требования. **Методика.** Для реализации поставленной задачи была составлена система дифференциальных уравнений, которые описывают нестационарные тепловые процессы в вагоне; для решения сложной системы уравнений использовался метод элементарных балансов. **Результаты.** Разработан расчетный алгоритм и создана компьютерная программа для моделирования переходных тепловых процессов в пассажирском вагоне, что позволяет учитывать различные конструктивные решения системы жизнеобеспечения пассажирских вагонов и осуществлять моделирование нестационарных тепловых процессов на любом этапе рейса. **Научная новизна.** Усовершенствована математическая модель тепловых процессов в вагоне в динамике, что позволяет исследовать теплотехническое состояние в салоне при различных условиях и сравнивать работу различных систем жизнеобеспечения пассажирских вагонов. Выполнено математическое моделирование нестационарных тепловых режимов в пассажирском вагоне с использованием метода элементарных балансов. **Практическая значимость.** Составленная расчетная модель дает возможность моделировать изменения температуры в вагоне на нестационарных тепловых режимах, довольно легко вводить и выводить в расчетную схему дополнительные элементы. Это позволяет проводить оценку разных схем и конструктивных решений системы жизнеобеспечения вагона путем математического эксперимента.

Ключевые слова: математическое моделирование; пассажирский вагон; нестационарные тепловые процессы; система жизнеобеспечения

REFERENCES

1. Antonov V.I. Chislennyi metod teplovykh balansov resheniya zadach teploprovodnosti dlya oblastey slozhnoy formy [Heat balance numeral method for the thermal conduction problems solving for the areas of irregular shape]. *Differentsialnyye uravneniya i protsessy upravleniya – Differential equations and the management processes*, 2002, no. 1, pp. 71-78. Available at: <http://www.neva.ru/journal/pdf/2002/vol1/j086.pdf> (Accessed 18 November 2013).
2. Biloborodova I.M., Osenin Yu.I., Sosnov I.I. Otsinka osnovnykh teplotekhnichnykh parametriv systemy okholodzhennia diskovoho halma lokomotyva [Estimation of the main heat engineering parameters of the disk brake cooling system]. *Visnyk Dnipropetrovskoho natsionalnoho universytetu zaliznychnoho transportu imeni akademika V. Lazaryana* [Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan], 2009, issue 28, pp. 7-11.
3. Holinko I.M., Kubrak A.I., Kravchenko A.S. Modeliuvannia temperaturnoho rezhymu teploobminnyka [Modeling of the heat exchanger temperature conditions]. *Vostochno-Yevropeyskiy zhurnal peredovykh tekhnologiy – Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2010, no. 2/7, pp. 24-27.
4. Yemelyanov A.L., Buravoy S.Ye., Platunov Ye.S. Obobshchennaya matematicheskaya model nestatsionarnogo teplovogo rezhima passazhirskogo vagona s SKV [Generalized mathematical model of the unsteady thermal mode of the passenger car equipped by the air conditioning system]. *Kholodilnaya tekhnika i konditsionirovaniye – Refrigeration and Conditioning*, 2007, no. 1, pp. 34-42. Available at: <http://refrigeration.open-mechanics.com/articles/71.pdf> (Accessed 18 November 2013).

РУХОМИЙ СКЛАД ЗАЛІЗНИЦЬ І ТЯГА ПОЇЗДІВ

5. Yemelyanov A.L., Buravoy S.Ye., Platunov Ye.S. Sistemy individualnogo regulirovaniya temperatury vozdukha v kupe passazhirskogo vagona [Systems of individual regulation of the air temperature in the passenger car compartment]. *Kholodilnaya tekhnika i konditsionirovaniye – Refrigeration and Conditioning*, 2008, no. 1, pp. 15-22. Available at: <http://refrigeration.open-mechanics.com/articles/72.pdf> (Accessed 18 November 2013).
6. Yemelyanov A.L., Buravoy S.Ye., Platunov Ye.S. Teplovaya inertsionnost vozdukha v pomeshcheniyakh s sistemami konditsionirovaniya [Thermal air inertia in the areas equipped by the air conditioning systems]. *Kholodilnaya tekhnika i konditsionirovaniye – Refrigeration and Conditioning*, 2007, no. 1, pp. 27-33. Available at: <http://refrigeration.open-mechanics.com/articles/70.pdf> (Accessed 18 November 2013).
7. Isachenko V.P., Osipova V.A., Sukomel A.S. *Teploperedacha* [Heattransfer]. Moscow, Energiya Publ., 1975. 488 p.
8. Kovalenko N.D., Shmukin A.A., Guzhva M.I., Makhin V.V. *Nestatsionarnyye teplovyye protsessy v energeticheskikh ustanovkakh letatelnykh apparatov* [Unsteady heat exchange processes in the power installations of the aircrafts]. Kyiv, Naukova dumka Publ., 1988. 224 p.
9. *Protokol sanitarno-higienichnykh vyprobuvan vagona № 035-12936*. [Report of the sanitary and hygienic tests of the passenger car 035-12936]. Dnipropetrovsk, DNURT Publ., 2011. 8 p.
10. Furkalo S.A., Ogir Ju.V. Avtomatizatsiya rascheta teplovogo progrena mnogoslonoynoy stenki [Automation of calculation of the thermal warm-up of laminated wall]. *Kosmicheskaya tekhnika. Raketnoye vooruzheniye* [Space engineering. Missile armament], 2012, no. 1, pp. 197-205.
11. Yagoda P.A. Resheniye zadach optimizatsii konstruktivnykh s primeneniym sovremennykh programmnykh kompleksov [Solving of problems of the construction optimization using modern software packages]. *Visnyk Dnipropetrovskoho natsionalnoho universytetu zaliznychnoho transportu imeni akademika V. Lazaryana* [Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan], 2005, issue 17, pp. 174-177.
12. Guedri K., Borjini M.N., Farhat H. Modelization of combined radiative and conductive heat transfer in three-dimensional complex enclosures. *International Journal of Numerical Methods for Heat & Fluid Flow*, 2005, vol. 15, issue 3, pp. 257-276.
13. Lienhard, John H. V., Lienhard John H. A Heat Transfer. Cambridge, Phlogiston Press Publ., 2011. 768 p.
14. Wilson E.L., Bathe K.J., Peterson F.E. Finite element analysis of linear and nonlinear heat transfer. *Nuclear Engineering and Design*, 1974, vol. 29, no. 1, pp. 110-124.

Prof. A. A. Bosov D. Sc. (Tech.); Prof. O. V. Sadovoy, D. Sc. (Tech.) recommended this article to be published

Received: Aug. 20, 2013.

Accepted: Nov. 07, 2013

РОЗВИТОК ВИЩОЇ ШКОЛИ

УДК 378:316–021.4

М. И. КАЗАКЕВИЧ^{1*}, И. И. ГУЗОВА^{2*}

^{1*}Каф. «Мосты», Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, Днепропетровск, Украина, 49010, тел. +38 (056) 373 15 61, эл. почта lfe1948@mail.ru

^{2*}Каф. «Сравнительная филология восточных и англоязычных стран», Днепропетровский национальный университет имени Олеся Гончара, пр. Гагарина, 72, Днепропетровск, Украина, 49010, тел. +38 (056) 374 98 79

ПРОТИВОСТОЯНИЕ ТЕХНОКРАТИЧЕСКОЙ И ГУМАНИСТИЧЕСКОЙ СИСТЕМ ЦЕННОСТЕЙ

Цель. Данная работа имеет целью определение разницы между технократическими и гуманистическими системами ценностей. Авторы также предполагают очертить круг проблем, характерных для современной техногенной цивилизации, отразить ее противоречивый характер, а также акцентировать внимание на направлениях деятельности вузов по формированию и/или восстановлению технократического и гуманитарного равновесия. **Методика.** Важнейшим методологическим принципом данной работы, определившим логику изложения и вывода, является системный подход. В ходе исследования авторами проведен анализ отдельных аспектов общественного развития конца XX – начала XXI вв., а также контент-анализ мирового информационного потока (документального и недокументального) по данной теме и собственных наблюдений, полученных в ходе реализации многолетней образовательной и научной практики в вузе. Это, например, составление сравнительной таблицы технократической и гуманистической систем ценностей. Авторами проведен сравнительный анализ данных 2-х социологических исследований (2009 и 2013 гг.) среди молодежи вузов Днепропетровска «Современная библиотека глазами студентов» и выявлен ряд тенденций по вопросу о роли чтения в жизни студенчества. **Результаты.** Определена разница между технократическими и гуманистическими системами ценностей. Очерчены современные проблемы духовного развития личности в процессе образования и воспитания в технических вузах периода доминирования технократических систем ценностей. Акцентировано внимание на направлениях деятельности вузов по формированию и/или восстановлению технократического и гуманитарного равновесия. **Научная новизна.** Авторами очерчен и проанализирован круг проблем, характерных для современной техногенной цивилизации, отражен ее противоречивый характер. Доказано, что восстановление технократического и гуманитарного равновесия – одна из основных задач современности. Обозначены направления деятельности вузов по ее решению. **Практическая значимость.** Практическое значение работы состоит в акцентировании внимания на необходимости решения ряда проблем, которые обеспечат гармонию во взаимодействии технократической и гуманистической систем ценностей. Материал, изложенный в статье, может быть использован в преподавании социально-гуманитарных дисциплин, в деятельности разных культурно-информационных, культурно-массовых, общественных структур университета, направления работы которых предполагают социокультурное осмысление техники, ее достижений, последствий ее развития, ответственность за ее использование, содействуя восстановлению гармонии в развитии гуманитарной и технологической сфер.

Ключевые слова: гуманистическая система ценностей; технократическая система ценностей; образование; информация; культура; интеллект; личное; общественное; индивидуум; общество

РОЗВИТОК ВИЩОЇ ШКОЛИ

Введение

В сегодняшнем развитии высшей школы как социального института явно прослеживается причастность человечества к последствиям сразу двух революций – технологической и ментальной. Глобализация и формирование новой культурной парадигмы связаны с изменением ментальности как способа видения мира, отражающегося (и выражающегося) в поведении не только отдельных этнических групп, но и всего человечества. Технологическая революция, в свою очередь, – это результат техногенного взрыва в сфере коммуникаций.

Применение новейших информационно-коммуникационных технологий в образовании предоставляет и студентам, и научно-педагогическим работникам, и ученым широчайший доступ к информационным ресурсам, позволяет реализовать принципиально новые формы и методы обучения, повышает эффективность самостоятельной работы молодежи, содействует приобретению и закреплению различных профессиональных навыков [7]. И в то же время именно безоглядное, бессистемное применение HighTech во всех сферах жизнедеятельности человека (особенно в детском и юношеском возрасте) привело к нарушению гармонии в развитии гуманитарной и технологической сфер. Ученые давно бьют тревогу, предупреждая о том, что человек подошел к пределу, который нельзя переступить ни при каких обстоятельствах, и одно необдуманное действие может привести к исчезновению всего человечества [1–3, 5, 6, 9, 11, 15].

Развивая идеи К. Э. Циолковского (1932 г.) о невозможности научно-технического прогресса без нравственного совершенства человека, ученые отмечают, что именно гуманитарная составляющая на протяжении всей истории обеспечивает сохранение и передачу духовных и нравственных ценностей, культурных традиций человечества, а также является надежным фундаментом в развитии инженерной мысли [1–19].

Перед университетами Украины и России, особенно инженерно-техническими, стоит насущная и конкретная задача – реформа системы образования, его трансформация из узкодисциплинарного в трансдисциплинарное. Будущему специалисту с высшим образованием недоста-

точно узкопрофессиональных знаний; он должен обладать не только способностью к обучению и научной деятельности, но и общей культурой, интеллигентностью, развитым интеллектом, сформированными нравственными устоями. В нем должны быть гармонизированы технократические знания и гуманистические ценности.

Таким образом, именно вопросы деятельности вузов по формированию и/или восстановлению равновесия технократического и гуманитарного – важнейшая задача современности.

Цель

Исходя из выше изложенного, целью данной работы является определение разницы между технократическими и гуманистическими системами ценностей. Авторы также предполагают очертить круг проблем, характерных для современной техногенной цивилизации, отразить ее противоречивый характер, а также акцентировать внимание на направлениях деятельности вузов по формированию и/или восстановлению технократического и гуманитарного равновесия.

Методика

Важнейшим методологическим принципом данной работы, определившим логику изложения и вывода, является системный подход. В ходе исследования авторами проведен анализ отдельных аспектов общественного развития конца XX – начала XXI в., а также контент-анализ мирового информационного потока (документального и недокументального) по данной теме и собственных наблюдений, полученных в ходе реализации многолетней образовательной и научной практики в вузе.

Любое сообщество представляет собой сложную социальную структуру, состоящую из множества социальных групп. Они находятся в определенных отношениях, ибо ни один социум не может функционировать изолированно. Это могут быть отношения руководства – подчинения, работодателя и наемного работника, производителя/автора с потребителем, отношения в процессе обучения и т.д. Стабильность в обществе во многом зависит от наличия некоей гармонии во взаимодействии **технократической и гуманистической систем ценностей** (табл. 1).

РОЗВИТОК ВИЩОЇ ШКОЛИ

Сюда же следует отнести равновесие в развитии столь важных сфер общественной жизни, как информация и знания (понимание), образование и культура. Именно гармоническое развитие всех систем и понимание важности этого делает общество толерантным, т. е. цивилизованным.

В истории любого государства независимо от его социальной структуры, экономического состояния, конфессии и т.д. наступает тот момент, когда гармония всех составляющих общественную жизнь систем ценностей нарушается. Обычно это происходит в результате стремительного развития научной мысли и новых технологий. В такие периоды общественного развития технократические ценности доминируют в сознании самых различных социумов, а гуманистические системы ценностей становятся второстепенными (см. табл. 1).

Таблица 1

**Сравнительная характеристика
технократической и гуманистической систем
ценностей**

Технократическая система ценностей	Гуманистическая система ценностей
Природа – источник неограниченных ресурсов	Природные ресурсы ограничены
Превосходство над природой	Гармония с природой
Природа враждебна или нейтральна	Природа дружелюбна
Управляемая окружающая среда	Окружающая среда в хрупком равновесии
Информационно-технологическое развитие общества	Социокультурное развитие
Рыночные отношения	Общественные интересы
Риск и выигрыши	Гарантия безопасности
Индивидуальное самообеспечение	Коллективистская организация
Разумность средств	Разумность целей
Информация, запоминание	Знания, понимание

Общество, увлеченное бурным потоком новых технологических достижений, быстро сменяющих друг друга, стремится к скорейшему обладанию новыми сведениями, новыми усо-

вершенствованиями, новыми идеями, т.е. происходит замена понятий «знания» и «информация», «понимание» и «запоминание». Многие люди совершенно бездумно, бессознательно путают подлинное знание и полученную информацию, которую весьма часто даже не затрудняются проверить на подлинность.

Знание невозможно получить мгновенно, знание приходит к человеку в течение всей его жизни, изумляя, радуя или огорчая человека даже в зрелом возрасте. Подлинное знание – это результат упорного труда и творческой деятельности, в то время как информация – это только сведения, полученные от кого-то, это лишь возможность что-то сообщить. Информацию достаточно просто запомнить, знание же невозможно без понимания предмета, ибо, если человек не понимает того, что он хочет изучить, он никогда не постигнет этого.

Таким же образом происходит подмена понятия «культура» понятием «образование» (см. табл. 1). Очень часто эти понятия становятся взаимозаменяемыми в сознании людей, они трактуются многими как абсолютно идентичные ценности. На самом деле образование – несомненно, очень важный элемент в жизни каждого человека – неизмеримо уже, нежели культура.

Образование – понятие, ограниченное во времени и охватывающее лишь определенный круг, определенный аспект познания. Образование приобретает в некоем конкретном месте и на конкретном этапе человеческой жизни. Оно может предполагать получение достаточно широкого спектра информации, а может быть весьма узким по тематике – в зависимости от его направленности, качества и уровня. Но каким бы качественным оно ни было, любое образование (даже то, которое общепризнано лучшим) не выходит за рамки получения индивидуумом определенных профессиональных сведений и информации в данной сфере.

Осознавая роль инженерно-технического образования в развитии отдельной личности и общества в целом, следовало бы подчеркнуть ту особую нагрузку, которую несет настоящий преподаватель, ибо он обязан не только сообщить аудитории некоторый объем сведений, но и пробудить у своих слушателей желание дальнейшего, уже самостоятельного, совершенствования и тягу к новым познаниям окружающего мира.

РОЗВИТОК ВИЩОЇ ШКОЛИ

Специфика научного познания такова, что в образовательном процессе познание носит логический, умопостигаемый характер. При этом работает только одно полушарие головного мозга, «заведующее» рациональным мышлением. Другое полушарие «спит». Но для построения современной картины мира рационального знания недостаточно. Учение В. И. Вернадского о ноосфере доказало, что только сознание человечества является той силой, тем фактором, который мы должны принимать во внимание, когда изучаем всякий природный процесс [3]. Выдающиеся ученые-гуманисты – Н. Н. Моисеев, И. Пригожин, А. А. Чижевский и др. утверждают необходимость гуманистической нацеленности в постижении мира. Без понимания человека, особенностей его сознания, творимой им культуры невозможно познание мира, построение современной картины мира [1–6, 9, 11–19].

Например, приобщение к культуре, особенно к искусству, стимулирует эмоционально-чувственное постижение мира, образное мышление, развивает воображение, фантазию, эстетическое чувство, необходимые в научном познании, в работе, например, конструктора и других формах творческой деятельности. Особенно важно эстетическое чувство красоты; красота – важнейший критерий совершенства человеческой деятельности.

Понятие «культура» неизмеримо шире и многообразней, нежели понятие «образование», оно включает в себя и образование, и информацию, и множество других аспектов общественной жизни. Культура впитывает в себя все высшие достижения человеческого разума.

Каждая общественная формация в развитии человечества вносит свою лепту в сокровищницу культуры, умножая те гуманистические ценности, которые принадлежат всему человечеству. Могут сменяться и сменяются цивилизации, рушатся империи, создаются новые государства – и лишь культура остается неизменным высшим достижением человеческого разума.

В широком смысле понятие «культура» подобно понятию «вселенная», которое впитывает в себя все существующие формы бытия, либо понятию «океан», который является вместилищем всех истоков, проистекающих на планете. Так и культура впитывает в себя все достижения каждой цивилизации, все духовные ценности

каждого из пройденных этапов на пути развития человечества, включая светские, теологические, научные памятники и достижения, все формы образования, все нормы (этические, нравственные и прочие) поведения в обществе.

Культура объединяет те реальные плоды человеческого гения, которые воплотились в шедевры зодчества, живописи, литературы, музыки. Кстати, умение видеть и ценить эти сокровища – тоже элемент культуры, который невозможно приобрести образованием или почерпнуть в каком-либо информативном источнике (см. табл. 1).

Культура каждого отдельного индивидуума включает в себя те качества, которые невозможно приобрести – они либо присутствуют, либо их нет. Их немного, но они составляют основу того, что называется личной культурой. Это чувство собственного достоинства, умение сострадать, умение понимать прекрасное, толерантность и интеллект, который весьма часто путают с образованием. Эти гуманистические ценности невозможно приобрести – с ними нужно родиться, в то время как образование можно приобрести, а информацию – узнать.

Личная культура подразумевает также и поведение человека в обществе, его манеры, умение достойно держать себя в любой ситуации. Эти врожденные качества развиваются как у отдельной личности, так и в обществе в целом, изменяясь с каждой исторической формацией. Следует отметить, что данная тема слишком объемна для столь краткого описания, ибо она неизбежно затрагивает философские понятия «добра–зла», «интеллекта – примитивности», «терпимости – нетерпимости», заложенные в каждом из нас изначально. Далее, в течение жизни отдельного индивидуума, как и в ходе исторического развития каждой общественной структуры, огромную роль играет воспитание человека, социум, в котором он живет, окружающая его среда – как в узком смысле (семья, друзья), так и в широком (страна, общественная структура). Все эти факторы либо способствуют гармоническому развитию личности, либо подавляют положительные стороны человеческой натуры.

Хотелось бы еще раз подчеркнуть, что мы ни в коей мере не стремимся умалить необходимость и значимость таких технологических ценностей, как образование, информация, за-

РОЗВИТОК ВИЩОЇ ШКОЛИ

поминание. Нашей целью является определение разницы между технократическими и гуманистическими системами ценностей.

Примером нарушения гармонии в развитии технократических и гуманистических систем может служить история создания и внедрения высоких технологий в конце XX – начале XXI в. Бурное развитие HighTech в течение последних 30 лет вызвало невероятный интерес в самых различных социумах, особенно среди молодежи. Вряд ли кому-либо придет в голову оспаривать колоссальное значение и важность новейших достижений в технологической области. Но в то же время становление техногенной цивилизации привело к девальвации духовных ценностей, формированию технократического типа личности с соответствующим технократическим стилем мышления, в основе которого вера во всемогущество рациональных методов, и соответствующей системой ценностей. В этой системе превозносятся деньги, прибыль, могущество, власть. Здесь истинные нравственные ценности утрачивают свое высокое значение и приобретают новое, соответствующее технократическому стилю мышления. Например, добро начинает отождествляться с выгодой, счастье – с обладанием [17].

Также следует подчеркнуть, что внедрение технических средств коммуникации в общественную жизнь происходило спонтанно и бессистемно. Термин «общественная жизнь» в данном контексте подразумевает всю совокупность человеческой деятельности – от профессиональной до обиходной, бытовой. Интенсивное использование высоких технологий в профессиональной деятельности – науке, бизнесе, промышленности – несомненно, не только оправдано, но и необходимо. В то же время безоглядное, бессистемное применение HighTech во всех иных сферах привело к нарушению гармонии в развитии гуманитарной и технологической сфер.

Подобное нарушение произошло и в системе образования. Например, при проведении массового социологического исследования среди молодежи 10 вузов Днепропетровска «Современная библиотека глазами студентов» (2009 г.) был выявлен ряд тенденций по вопросу о роли чтения в жизни студенчества (чтения в любом формате – печатного или электронного издания) [8]. В 2013 г. данное исследование было проведено

вторично [10]. Результаты анализа ответов респондентов на вопрос «Какую роль играет чтение в Вашей жизни?» (анкетирования за 2009 г. и 2013 г.) представлены в табл. 2.

Как видим из данных табл. 2, за четыре года наибольшие изменения в студенческой среде произошли в восприятии чтения как способа получения информации (29,1 % – 2009 г. и 41 % – 2013 г.). Т. А. Колесникова подчеркивает [8], что при таком чтении читатель воспринимает текст абстрагированно, акцентируясь на скоро-чтении, и читает он для того, чтобы запомнить, не получая при этом эстетического удовольствия.

Чтение же как развлечение и отдых (п. 6 в табл. 2: 10,4 % – в 2009 г. и 1 % – в 2013 г.), в процессе которого читатель проживает жизнь, соотнося авторские идеи и образы с собственным опытом, знаниями, эмоциями, настроением, является более медленным, но и более творческим, создающим новое содержание образов и смыслов. Такое чтение является характерным для той (стремительно сокращающейся) части студенчества, которая воспитывалась на традициях художественного творчества в семье, школе, библиотеке, разнообразных творческих детских студиях, обучающих детей понимать сказки, писать стихи, слушать музыку, рисовать картины, рассказывать о прочитанном и увиденном, т.е. они развивали воображение, язык и ассоциативное мышление [8].

Таблица 2

Результаты опроса студентов Днепропетровска

Варианты ответов на вопрос «Какую роль играет чтение в Вашей жизни?»	2009, %	2013, %
1. Необходимое условие обучения	20,9	25
2. Способ получения информации	29,1	41
3. Элемент научно-исследовательской работы	8,5	4
4. Способ развития личности	25,9	26
5. Возможность приобщиться к мировой культуре	5,1	3
6. Как развлечение и отдых	10,4	1

Исследователи пришли к выводу, что сегодняшнее студенчество демонстрирует достаточно высокий уровень компьютерной грамот-

РОЗВИТОК ВИЩОЇ ШКОЛИ

ности, отдает предпочтение визуальной информации в сравнении с текстовой, имеет низкий уровень информационной культуры и для них чтение все больше утрачивает статус эстетического удовольствия, превращаясь лишь в способ получения информации (читательский рационализм). При этом наблюдается возрастание читательского негативизма к классической литературе, игнорирование литературы как учебника жизни, а восприятие печатного текста становится более поверхностным и фрагментарным, «мозаичным» и «клиповым» [8, 10].

Очевидно, что если бы увлечение новейшими достижениями техники не носило столь спонтанный, масштабный и подчас бессистемный характер, то не образовалась бы такая ужасающая пропасть в гуманитарной сфере, которая имеет место сейчас, когда великие гуманитарные сокровища, созданные человечеством в течение веков, потеряли свою ценность для нынешних членов сообщества, особенно для молодежи.

Многие индивидуумы, не обладая способностью осмыслить происходящее, стремятся к использованию высоких технологий исключительно из-за слепого желания следовать «модным» тенденциям или из простого подражания увиденному. В результате у людей атрофируются те навыки, которые невозможно приобрести вне гуманитарной сферы. Так, практически утрачено прекрасное искусство написания писем – вместо них люди обмениваются краткими посланиями через Интернет. Даже телефонное общение становится редким. При этом появляется новое понятие «мем» – единица информации, которая содержится в сознании [14]. Мем – своеобразный жаргон; и люди, им не владеющие, просто выпадают из коммуникации. Сейчас самой эффективной средой для появления, распространения и воспроизведения мемов является Интернет. Именно по этой причине существует даже специальный термин «Интернет-мем», которым, как правило, обозначается некая фраза, слово или информация, спонтанно возникшие и получившие широкое распространение в первую очередь в сети Интернет. Например, некоторое время назад особую популярность в сети приобрел мем «Превед» (по сути, это – форма приветствия, искаженная от русского слова «привет»). Или мем «фифудьеносцы», происходящий от слов «фифудья» и «хоругвеносцы». Популярны

также мемы «Вона» (т. е. Юлия Тимошенко), «Профессор» (ироничное обозначение Виктора Януковича) и др.

В то же время большая часть молодежи сейчас вряд ли понимает смысл выражения «эпистолярный», его заменила аббревиатура SMS, которую к тому же употребляют на русском языке в безграмотной форме «эсэмэска». В итоге резко снизился уровень грамотности как в устной форме речи, так и в письменности (особенно в последней).

Злоупотребление компьютерными эффектами в кино- и телефильмах привело к тому, что современный зритель перестает замечать прелесть и неповторимость реальной, окружающей всех нас природы и, тем более, не воспринимает или просто не понимает сокровища изобразительного искусства. К сожалению, гуманитарная и технократическая сферы вошли в противоречие, которого можно было бы избежать, если бы внедрение высоких технологий происходило не спонтанно, а подчиняясь определенной системе, которая разъясняла бы суть и необходимость или необязательность их применения.

Доминирование технократической сферы во многих аспектах общественной жизни и нарушение взаимодействия между естественными и гуманитарными науками происходит во всем мире и не может не вызывать беспокойства и у тех ученых, которые философски осмысливают реалии современного общества, и у рядовых граждан. Так, психо-эмоциональные перегрузки в учебе (работе) при отсутствии навыков эмоциональной разгрузки, душевного комфорта, способности осмыслить ситуацию, утрата истинных нравственных ценностей привели к появлению одной из важнейших проблем современной Германии – моббингу [18]. Моббинг – это систематический психотеррор (чаще – по месту основной деятельности), который дестабилизирует жертву, психологически травмирует ее. Он настолько тяжел по своим последствиям, что может привести человека к суициду.

Бессистемное применение HighTech с ранних лет в повседневной жизни, в обиходе, в общении со сверстниками привело к обеднению лексического запаса молодого поколения. Пренебрежение фундаментальным гуманитарным образованием способствовало распространению неграмотного употребления искаженных

РОЗВИТОК ВИЩОЇ ШКОЛИ

английских слов и выражений в русском языке. Например, английское выражение «I'mshocked», которое имеет конкретное значение «быть неприятно удивленным», перешло в нелепую фразу «я в шоке», которая является убогим эквивалентом для выражения любого чувства – от восторга до ненависти и заменяет все многообразие русского языка. Подобных примеров – великое множество [6].

Высокие технологии являются, бесспорно, великим достижением человеческого разума, но их стремительное развитие привело к забвению гуманитарных ценностей, без которых человек теряет свою человеческую сущность – терпение, сострадание, понимание прекрасного. Вот почему восстановление равновесия технологического и гуманитарного – одна из основных задач современности. А ее решение в высшей школе, может достигаться за счет, прежде всего, увеличения гуманитарной составляющей в деятельности вуза: новый подход к преподаванию социально-гуманитарных дисциплин (в т. ч. предполагающих социокультурное осмысление техники, ее достижений, последствий ее развития, ответственности за ее использование), социокультурные мероприятия библиотек и клубов художественного творчества, поддержка различных студенческих движений «Эко-интеллект», «Читающий город», «ДОМ», «Что? Где? Когда?», «Библио-эмоции», «Эксперимент», «Дебаты», «Изменим мир вокруг себя вместе» и др.

Такие, казалось бы, небольшие шаги в университетской среде как подсистемы помогут в создании глобальной системы «Техническое устройство – Человек – Окружающая среда», в которой все три компонента должны быть равноправными, обеспечивающими свое гармоничное сосуществование. В то же время высшей ценностью в этой системе должен быть человек.

Хотелось бы привести пример триумфа разумного отношения к природе, гармония с которой способствует решению не просто очередной проблемы, а проблемы выживания. Это бессмертный Робинзон Крузо, чья история в течение столетий служит образцом системного, аналитического, целостного, разумного и гармоничного подхода к любой жизненной ситуации, а имя Даниэля Дефо по праву считается символом эпохи Просвещения и Рационализма.

Если говорить о гармонии в каждом из нас, т.е. в отдельно взятом члене сообщества, то два полярных состояния человека – наличие равновесия душевного и интеллектуального или его отсутствие – блестяще проанализированы в любом из английских романов XIX в.

По мнению многих исследователей (и не только филологов) так называемый «викторианский» роман стал для европейской культуры тем же великим явлением, что и римская философская литература для античного мира. Романы Ч. Диккенса, У. Коллинза, Ш. Ле Фаню, сестер Бронте, Дж. Эллиот, Э. Даскелл и других авторов учат читателя найти пути к гармоническому развитию личности, к равновесию между чувством и разумом и убеждают в том, что любой индивидуум, даже слабый, одинокий, уязвимый, способен выйти победителем из сложной ситуации, обладая умением сконцентрироваться в нужный момент и найти единственно возможное решение.

Вечный поиск внутренней гармонии и путей к совершенствованию всегда был главной темой величайшей из литератур – русской литературы XIX–XX вв. Мучительное недовольство собственной жизнью, желание найти идеал личный и общественный, сплетение отдельной судьбы и судьбы общества – вот те проблемы, которые дали толчок к возникновению великолепного, широкого по диапазону тем пласта русской литературы. Это романы М. М. Филиппова, Г. Данилевского, А. К. Шеллер-Михайлова, В. Панаевой, И. А. Гончарова, Д. Н. Мамина-Сибиряка, А. Ф. Писемского. Именно они стали той благодатной почвой, из которой, подобно гигантским деревьям, выросли гениальные произведения Л. Н. Толстого, Ф. М. Достоевского и позже А. П. Чехова, И. А. Бунина.

Нельзя не упомянуть имя М. А. Алданова, по праву считающегося украинским писателем, для которого поиск гармонии, возможность достойного выхода из самой тяжелой ситуации, торжество интеллекта и неизбежность взаимодействия и взаимосвязи личностной судьбы и исторических изменений в обществе всегда были основными темами его творчества.

В заключение полезно привести несколько строк английского поэта-философа XVI в. Джона Донна [19], которые как нельзя лучше определяют место отдельной личности в огромной системе нашего бытия:

РОЗВИТОК ВИЩОЇ ШКОЛИ

No man is an Inland, intire ofit Selfe;
every man is a peace of the Continent,
a part of the maine; if
Clod bee washed away by the Sea,
Europe is the lesse, as well as if a
Promontorie were as well as if a
Mannor of thy friends or of thine
owne were; any mans death
diminishes me, because I am
involved in Mankinde. And
therefore never send to know for
whom the bell tolls; it
tolls for thee.

Никто из нас не является островом,
ограниченным своим внутренним Я;
каждый из нас – только частица
континента; и если море
размоет кусочек суши, то вся
Европа станет меньше, также как
если под воду уйдет мыс, то меньше
станет всей нашей земли; и если
умирает любой человек, то с ним
уходит частица меня, ибо я есть
часть всего человечества. И потому
никогда не посылай узнать,
по ком звонит колокол; он
звонит по каждому из нас.

Результаты

На основе системного подхода и анализа отдельных аспектов общественного развития конца XX – начала XXI в. авторами определена разница между технократическими и гуманистическими системами ценностей. В результате анализа нарастающего противостояния в сферах гуманистических систем ценностей и современного образования определены современные проблемы духовного развития личности в процессе образования и воспитания в технических вузах в период доминирования технократических систем ценностей. Акцентируется внимание на направлениях деятельности вузов по формированию и/или восстановлению технократического и гуманитарного равновесия. На конкретных примерах рассмотрены вопросы, связанные с подменой понятий «культура», «образование», «знания», «информация», «понимание», «запоминание» и т. д.

Научная новизна и практическая значимость

Авторами очерчен и проанализирован круг проблем, характерных для современной техногенной цивилизации, отражен ее противоречивый характер. Доказано, что восстановление равновесия технократического и гуманитарного – одна из основных задач современности. Обозначены направления деятельности вузов по ее решению.

Практическое значение работы состоит в акцентировании внимания на необходимости решения ряда проблем, которые обеспечат гармонию во взаимодействии технократической и гуманистической систем ценностей.

Материал, изложенный в статье, может быть использован в преподавании социально-гуманитарных дисциплин, в деятельности разных культурно-информационных, культурно-массовых, общественных структур университета (библиотека, дворец культуры, студенческий совет, профком студентов, социальная и психологическая службы и др.).

Выводы

Восстановление равновесия технократического и гуманитарного – одна из основных задач современности. Ее решение в высшей школе может достигаться за счет, прежде всего, увеличения гуманитарной составляющей в деятельности вуза: от нового подхода к преподаванию социально-гуманитарных дисциплин до увеличения поддержки в организации социокультурных мероприятий библиотеки, дворца культуры, творческих клубов (литература, искусство, наука, физическая культура и т. п.), студенческих движений. То есть, тех направлений в деятельности вуза, которые предполагают социокультурное осмысление техники, ее достижений, последствий ее развития, ответственность за ее использование, содействуя восстановлению гармонии в развитии гуманитарной и технологической сфер.

РОЗВИТОК ВИЩОЇ ШКОЛИ

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Аверьянов, А. М. Системное познание мира / А. М. Аверьянов. – М. : Политиздат, 1985. – 263 с.
2. Бехтерев, В. М. Избранные работы по социальной психологии / В. М. Бехтерев. – М. : Наука, 1994. – 400 с.
3. Вернадский, В. И. Философские мысли натуралиста / В. И. Вернадский. – М. : Наука, 1988. – 520 с.
4. Винер, Н. Кибернетика и общество / Н. Винер. – М. : ИЛ, 1958. – 200 с.
5. Гвишиани, Д. М. Избранные труды по философии, социологии и системному анализу / Д. М. Гвишиани. – М. : Изд-во Канон, ОИ «Реабилитация», 2007. – 672 с.
6. Казакевич, М. И. Начала теории систем и системного анализа. – Днепропетровск : ТОВ «Акцент ПП», 2013. – 179 с.
7. Колесникова, Т. А. Библиотека высшей школы и новая форма информационного взаимодействия / Т. А. Колесникова // Б-ка высш. шк. на новом этапе развития социальных коммуникаций (24.11–25.11. 2013) : матер. междунар. науч.-практ. конф. – Днепропетровск : Днепропетр. нац. ун-т ж.-д. трансп. им. акад. В. Лазаряна, 2013. – С. 64–70. – Режим доступа: <http://eadnurt.diit.edu.ua:82/jspui/handle/123456789/1776>. – Загл. с экрана.
8. Колесникова, Т. Сучасна бібліотека ВНЗ очима студентів: за результатами соціологічного дослідження / Тетяна Колесникова // Вісн. Кн. палати. – 2009. – № 7. – С. 26–30. – Режим доступа: <http://eadnurt.diit.edu.ua:82/jspui/bitstream/123456789/435/1/>. – Назва з екрана.
9. Моисеев, Н. Н. Человек и Ноосфера / Н. Н. Моисеев. – М. : Молодая гвардия, 1990. – 351 с.
10. Петренко, О. А. Користувач та бібліотека: аналіз анкетування в ДНУЗТ / О. А. Петренко, Т. В. Болвановська // Б-ка высш. шк. на новом этапе развития социальных коммуникаций (24.11–25.11. 2013) : матер. междунар. науч.-практ. конф. – Днепропетровск : Днепропетр. нац. ун-т ж.-д. трансп. им. акад. В. Лазаряна, 2013. – С. 158–168. – Режим доступа: <http://eadnurt.diit.edu.ua:82/jspui/handle/123456789/1796>. – Загл. с экрана.
11. Пригожин, И. Порядок из хаоса. Новый диалог человека с природой / И. Пригожин, И. Стенгерс. – М. : Эдиториал УРСС, 2000. – 312 с.
12. Пэнтел, Р. Методы системного анализа окружающей среды / Р. Пэнтел. – М. : Мир, 1979. – 214 с.
13. Садовский, В. Н. Основания общей теории систем: логико-методологический анализ / В. Н. Садовский. – М. : Наука, 1974. – 280 с.
14. Соколова, К. В. Виртуальное пространство: новые феномены коммуникации [Электронный ресурс] / К. В. Соколова // Антропологічні виміри філософських досліджень : зб. наук. праць. – 2012. – Вип. 1. – С. 41–47. – Режим доступа: <http://ampr.diit.edu.ua/article/view/7816>. – Загл. с экрана.
15. Чижевский, А. А. Земля в объятиях Солнца / А. А. Чижевский. – М. : Эксмо, 2004. – 928 с.
16. Юдин, Э. Г. Системный подход и принцип деятельности. Методологические проблемы современной науки / Э. Г. Юдин. – М. : Наука, 1978. – 391 с.
17. Юрикова, С. А. Перспективы человечества в условиях техногенной цивилизации [Электронный ресурс] / С. А. Юрикова // Антропологічні виміри філософських досліджень : зб. наук. праць. – 2013. – Вип. 3. – С. 94–101. – Режим доступа: <http://ampr.diit.edu.ua/article/view/14554>. – Загл. с экрана.
18. Bärmayr, A. Das Mobbingssyndrom: Diagnostik, Therapie und Begutachtung / A. Bärmayr. – Hamburg : Europäischer Universitätsverlag, 2012. – 278 p.
19. Donne, J. No Man Is An Island [Virtual Resource] / J. Donne // Poems by John Donne. – Access mode: <http://www.poemhunter.com/poem/no-man-is-an-island/>. – Title from the screen. – Date of Access: 02 December 2013.

РОЗВИТОК ВИЩОЇ ШКОЛИ

М. І. КАЗАКЕВИЧ^{1*}, І. І. ГУЗОВА^{2*}

^{1*}Каф. «Мости», Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, Дніпропетровськ, Україна, 49010, тел. +38 (056) 373 15 61, ел. пошта lfe1948@mail.ru

^{2*}Каф. «Порівняльна філологія східних та англослов'янських країн», Дніпропетровський національний університет імені Олеся Гончара, пр. Гагаріна, 72, Дніпропетровськ, Україна, 49010, тел. +38 (056) 374 98 79

ПРОТИСТОЯННЯ ТЕХНОКРАТИЧНОЇ ТА ГУМАНІСТИЧНОЇ СИСТЕМ ЦІННОСТЕЙ

Мета. Метою даної роботи є визначення різниці між технократичними та гуманістичними системами цінностей. Автори також припускають окреслити коло проблем, характерних для сучасної техногенної цивілізації, відобразити її суперечливий характер, а також акцентувати увагу на напрямках діяльності вузів щодо формування та/або відновлення технократичної та гуманітарної рівноваги. **Методика.** Найважливішим методологічним принципом даної роботи, який визначив логіку викладу й висновку, є системний підхід. У ході дослідження авторами проведено аналіз окремих аспектів суспільного розвитку кінця XX – початку XXI ст., а також контент-аналіз світового інформаційного потоку (документального та недокументального) з даної теми й власних спостережень, отриманих у ході реалізації багаторічної освітньої та наукової практики у вузі. Це, наприклад, складання порівняльної таблиці технократичної й гуманістичної систем цінностей. Авторами проведено порівняльний аналіз даних 2-х соціологічних досліджень (2009 і 2013 рр.) серед молоді вузів Дніпропетровська «Сучасна бібліотека очима студентів» і виявлено ряд тенденцій із питання щодо ролі читання в житті студентства. **Результати.** Визначена різниця між технократичними і гуманістичними системами цінностей. Окреслено сучасні проблеми духовного розвитку особистості в процесі освіти й виховання в технічних вузах у період домінування технократичних систем цінностей. Акцентовано увагу на напрямках діяльності вузів із формування та/або відновлення технократичної й гуманітарної рівноваги. **Наукова новизна.** Авторами окреслено й проаналізовано коло проблем, характерних для сучасної техногенної цивілізації, відображено її суперечливий характер. Доведено, що відновлення технократичної й гуманітарної рівноваги – одне з основних завдань сучасності. Позначено напрямки діяльності вузів щодо її вирішення. **Практична значимість.** Практичне значення роботи полягає в акцентуванні уваги на необхідності вирішення низки проблем, які забезпечать гармонію у взаємодії технократичної й гуманістичної систем цінностей. Матеріал, наведений у статті, може бути використаний у викладанні соціально-гуманітарних дисциплін, у діяльності різних культурно-інформаційних, культурно-масових, громадських структур університету, напрямки роботи яких припускають соціокультурне осмислення техніки, її досягнень, наслідків її розвитку, відповідальність за її використання, сприяючи відновленню гармонії в розвитку гуманітарної та технологічної сфер.

Ключові слова: гуманістична система цінностей; технократична система цінностей; освіта; інформація; культура; інтелект; приватне; громадське; індивідуум; суспільство

М. І. KAZAKEVICH^{1*}, І. І. GUZOVA^{2*}

^{1*}Dep. «Bridges», Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan, Lazaryan St., 2, Dnipropetrovsk, Ukraine, 49010, tel. +38 (056) 373 15 61, e-mail lfe1948@mai.ru

^{2*}Dep. «Comparative Philology of Oriental and English-Speaking Countries», Oles Honchar Dnipropetrovsk National University, Gagarin Av., 72, Dnipropetrovsk, Ukraine, 49010, tel. +38 (056) 374 98 79

CONTRADICTION BETWEEN TECHNOCRATIC AND HUMANISTIC SYSTEMS OF VALUES

Purpose. The purpose of the paper is determination of difference between technocratic and humanistic values systems. The authors also suggest to outline the range of issues specific to modern technological civilization, reflect its contradictory nature, as well as to focus on the university activity fields concerning formation and/or restoration of technocratic and humanitarian balance. **Methodology.** The most important methodological principle of the work is a systematic approach. It has determined logic of description and conclusion. During the study authors analyzed separate aspects of social development of the late 20th – early 21st centuries, as well as content analysis of the

РОЗВИТОК ВИЩОЇ ШКОЛИ

global information flow (documentary and non-documentary) on this topic and their own observations, obtained during the implementation of long-term educational and scientific practices at the university. It is, for example, drawing up a comparative table of technocratic and humanistic value systems. The authors have conducted a comparative analysis of 2 Sociological Research data (2009 and 2013 years) among university youth of Dnipropetrovsk "Modern Library by Students' Eyes" and trending concerning the issues about the role of reading in the students lives. **Findings.** The difference between the technocratic and humanistic value systems was determined. Contemporary problems of the personal intellectual development in the process of education and training in technical universities during the dominance of technocratic value systems were outlined. Attention is focused on the university directions on formation and / or restoration of technocratic and humanitarian balance. **Originality.** The authors have analyzed and outlined a range of issues specific to contemporary industrial civilization, its controversial nature was reflected. Rebalancing of the technocratic and humanitarian is one of the major tasks in our time. The directions of universities activities were determined. **Practical value.** Highlighting the several problems solving necessity will ensure harmony in the interaction of technocratic and humanistic value systems. The material presented in this article can be used in the teaching of Humanities and Social Sciences, in the activities of various cultural and informational, mass-cultural, social structures of the University; the activity directions of which suggest a sociocultural understanding of technology, its achievements, the consequences of its development, the responsibility for its use, contributing to the restoration of harmony in the development of human and technological spheres.

Keywords: humanistic system of values; technocratic system of values; education; information; culture; intellect; personal; social; individuality; society

REFERENCES

1. Averyanov A.M. *Sistemnoye poznanie mira* [Systematic learning the world]. Moscow, Politizdat Publ., 1985. 263 p.
2. Bekhterev V.M. *Izbrannyye raboty po sotsialnoy psikhologii* [Selected works on social psychology]. Moscow, Nauka Publ., 1994. 400 p.
3. Vernadskiy V.I. *Filosofskie mysli naturalista* [Philosophical thoughts of naturalist]. Moscow, Nauka Publ., 1988. 520 p.
4. Viner N. *Kibernetika i obshchestvo* [Cybernetics and Society]. Moscow, IL Publ., 1958. 200 p.
5. Gvishiani D.M. *Izbrannyye trudy po filosofii, sotsiologii i sistemnomu analizu* [Selected works on philosophy, sociology and systems analysis]. Moscow, Izd-vo Kanon, OI «Reabilitatsiya» Publ., 2007. 672 p.
6. Kazakevich M.I. *Nachala teorii sistem i sistemnogo analiza* [Basis of systems theory and systems analysis]. Dnipropetrovsk, TOV «Aktsept PP» Publ., 2013. 179 p.
7. Kolesnikova T.A. Biblioteka vysshey shkoly i novaya forma informatsionnogo vzaimodeystviya [Library of Higher School and a new form of information interaction]. *Materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Biblioteka vysshey shkoly na novom etape razvitiya sotsialnykh kommunikatsiy»* [Proc. of Int. Sci. and Practical Conf. «Library of higher school at a new stage of social communications development»]. Dnipropetrovsk, 2013, pp. 64-70. Available at: <http://eadnurt.diit.edu.ua:82/jspui/handle/123456789/1776>. (Accessed 02 December 2013).
8. Kolesnykova T. Suchasna biblioteka VNZ ochyma studentiv: za rezultaty sotsiologichnoho doslidzhennia [The modern university library with the eyes of students: a sociological research]. *Visnyk Knyzhkovoi palaty – Book Chamber Bulletin*, 2009, no. 7. pp. 26-30. Available at: <http://eadnurt.diit.edu.ua:82/jspui/bitstream/123456789/435/1/>. (Accessed 02 December 2013).
9. Moiseyev N.N. *Chelovek i Noosfera* [Man and Noosphere]. Moscow, Molodaya gvardiya Publ., 1990. 351 p.
10. Petrenko O.A. Korystuvach ta biblioteka: analiz anketuvannia v DNUZT [User and Library: in the analysis of DNUZT questionnaire]. *Materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Biblioteka vysshey shkoly na novom etape razvitiya sotsialnykh kommunikatsiy»* [Proc. of Int. Sci. and Practical Conf. «Library of higher school at a new stage of social communications development»]. Dnipropetrovsk, 2013, pp. 158-168. Available at: <http://eadnurt.diit.edu.ua:82/jspui/handle/123456789/1796>. (Accessed 02 December 2013).
11. Prigozhin I., Stengers I. *Poryadok iz khaosa. Novyy dialog cheloveka s prirodoy* [Order out of chaos. New dialogue of a man with nature]. Moscow, Editorial URSS Publ., 2000. 312 p.
12. Pentl R. *Metody sistemnogo analiza okruzhayushchey sredy* [Methods of environment system analysis]. Moscow, Mir Publ., 1979. 214 p.
13. Sadovskiy V.N. *Osnovaniya obshchey teorii sistem: logiko-metodologicheskyy analiz* [Grounds of general systems theory: the logical and methodological analysis]. Moscow, Nauka Publ., 1974. 280 p.

РОЗВИТОК ВИЩОЇ ШКОЛИ

14. Sokolova Ye.V. Virtualnoye prostranstvo: novyye fenomeny kommunikatsii (Virtual space: new communication phenomena). *Antropolohichni vymiry filosofskykh doslidzhen – Anthropological measurements of philosophical research*, 2012, issue 1, pp. 41-47. Available at: <http://ampr.diit.edu.ua/article/view/7816>. (Accessed 02 December 2013).
15. Chizhevskiy A.A. *Zemlya v obyatiyakh Solntsa* [Earth in the arms of the Sun]. Moscow, Eksmo Publ., 2004. 928 p.
16. Yudin E.G. *Sistemnyy podkhod i printsip deyatelnosti. Metodologicheskiye problemy sovremennoy nauki* [System approach and the principle of activity. Methodological problems of modern science]. Moscow, Nauka Publ., 1978. 391 p.
17. Yurikova S.A. Perspektivy chelovechestva v usloviyakh tekhnogennoy tsivilizatsii (Prospects of mankind in conditions of technological civilization). *Antropolohichni vymiry filosofskykh doslidzhen – Anthropological measurements of philosophical research*, 2013, issue 3, pp. 94-101. Available at: <http://ampr.diit.edu.ua/article/view/14554>. (Accessed 02 December 2013).
18. Bămayr A. *Das Mobbingssyndrom: Diagnostik, Therapie und Begutachtung*. Hamburg, Europäischer Universitätsverlag Publ., 2012. 278 p.
19. Donne J. No Man Is An Island. Poems by John Donne. Available at: <http://www.poemhunter.com/poem/no-man-is-an-island/>. (Accessed 02 December 2013).

Статья рекомендована к публикации д.ф.н., проф. В. В. Хмелем (Украина); д.т.н., проф. С. В. Мямлиным (Украина)

Поступила в редколлегию 27.11.2013

Принята к печати 02.12.2013

UDC 027.7:004.77

O. V. CHERNOBAY¹, O. YU. AKSENOVA^{1*}¹Scientific and Technical Library, Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan, Lazaryan St., 2, Dnipropetrovsk, Ukraine, 49010, tel +380 (056) 373 15 71, e-mail olga_chernobay@ukr.net^{1*}Scientific and Technical Library, Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan, Lazaryan St., 2, Dnipropetrovsk, Ukraine, 49010, tel +380 (056) 373 15 71, e-mail podgainaya_o.u@mail.ru**RESOURCES OF OPEN ACCESS AS A TOOL FOR FORMATION OF
SCIENTIFIC RATING OF SCIENTISTS**

Purpose. Scientific journals in open access play an important role in scientific communications. It is they are able to provide an operational studying the leading publications and their scientific substantiation in the form of reference to the works of authors that were used in the research. The achievement of high citation index is an important component of scientific activity for the modern scientist. The purpose of the article is to determine the tools to increase the citation index of scientists. **Methodology.** The methods of generalization, analysis and synthesis, as well as a systematic approach were used in the research. **Findings.** The university library has an important mission - to distribute the results of research activity of the university scientists. As part of this functional activity area of the scientific and technical library of DNURT a repository of scientific papers, a system of open access for scientific journals and online versions of proceedings were organized. These resources provide the opportunity for a wide range of scientists to study the results of research carried out by their colleagues in DNURT and to cite them in their own articles. During the scientometric research the library staff use the following information platforms: Google Scholar, SciVerse Scopus, DOAJ, Russian Science Citation Index, SCImago Journal & Country Rank. **Originality.** The work originality is the determination of the ways to influence the formation of the high citation index for scientist. **Practical value.** The article proves the feasibility of using the open access resources (electronic journals, proceedings and the institutional repositories) to gain the scientist popularity in the professional scientific community.

Keywords: scientific and technical libraries; university libraries; publication activity of libraries, open access; electronic journals; repositories; information analytics; citation index; scientist's rating; scientometrics; Open Journal Systems, OJS

Introduction

The spread of the new model of scientific communication related to the activities in digital environment has brought the library functionality far beyond the information storage and making it available. To the greatest extent it concerns the university libraries; because they as the centers of social and information communication have the mission to distribute the results of research conducted by scientists – representatives of the given institution. That is why the university library has to organize the effective cooperation between the representatives of scientific community from different countries working on the same problem.

According to scientific traditions, the publications in scientific journals were the main tool of scientific data exchange at all times. Today it is the scientific journals that occupy the leading position among the information sources used by information world. Indeed, the articles in scientific publications are the major component of the open com-

munication system between scientists. Articles are the most important source of information about the history of research and scientific developments. The scientist rating in the scientific community, which is determined by the number of references to the certain author's articles (the so-called citation index), is in direct proportion to the originality and practical value of these articles. At the moment, this is the key coefficient in the scientific rating forming of the cited scientist [11, 12].

Purpose

The purpose of the article is to determine the tools to increase the scientist citation index. Also, there is a need to find the ways of forming high rating of scientist and the audience accumulation to study his scientific publications.

Methodology

To ensure high productivity of the work a number of scientific methods was used during the study.

РОЗВИТОК ВИЩОЇ ШКОЛИ

Features of the functioning of open access journals were studied using the method of analysis and synthesis.

During the search of general rules for the organization of repositories and electronic journals in open access the generalization method was used in the article.

A systematic approach provided a disclosure of the research object (electronic journals) integrity and the mechanisms, which provide their application, as well as the revealing the connections between its elements.

The articles of Shrayberg Ya.L., Zemskov A.I., Solovyanenko D., Kuchma I. served as the basis for studying the features of the open access platform. In the above-mentioned materials the authors discuss advantages and disadvantages of open access. The main advantages of the open access journals first of all lie in the fact that the document content is available to all users (regardless of whether they are readers of the library, which is subscribed to the journal), and secondly, the articles published in the open access journals are cited earlier and more often than the articles published in the subscription journals. The disadvantages of open access involve the negative judgments: “there is no need in it”; “it is too impractical in the realization”, etc [6-8].

As early as 2004 Iryna Kuchma in her article “Jus primae noctis? Open access!” wrote: “Open access is a modern practice of scientific communication for those who broke the established principles of scientific communication of the last four hundred years, and has gone far beyond the traditional scientific journal sample *Le Journal des Savants* or *Philosophical Transactions* of the Royal Society of London published in 1665”. There is a good opportunity to save money on publishing and distribution the paper copies and complete traditional journals as a means of scientific communication by thematic or institutional archives. If the registration of authorship, certification of research quality (using the peer review), scientific communication and storage of research results are the functions of library, the institutional archives can perform at least three of these four functions – registration, scientific communication and storage-archiving [4].

Moreover, the issues of citation are covered in the work of D. Tarasov and O. Garasim “The use of specialized search systems to obtain the citation

values of electronic scientific archives.” Scientists pay special attention to the problem of determining the citation index of documents of electronic scientific archive and computing scientometric indicators of Ukrainian scientists [7].

Also it is important to note the publication of A.Yu. Ivanova “Ethical aspects of publication activity of university library.” It served as an important source of information on the aspects of the university library activity of publication on the site the results of intellectual activity of professors and students [1].

Findings

In modern society, traditional printed publications have lost the prerogative in this direction: with mass distribution of the Internet scientists are increasingly turning to resources providing maximum efficiency in the article preparation and publication. Therefore, for the library, as for the leading source of scientific information in the university, it is important to provide access to such resources or actively contribute to its formation.

From this perspective, the libraries create:

- repositories of scientific papers,
- journals of open access,
- online versions of proceedings.

Thus, the library has an important mission – to distribute the results of university research activity [2, 3].

Today in Ukraine there is a system of journal electronic copies. This is an intermediate stage in the transition to more advanced information system, consisting of scientific journal sites. This will ensure the creation of a system of Ukrainian Science Citation Index, which in turn is one of the key aspects of Ukrainian science. The Information and Communication Network of Ukrainian Universities – URAN, supervises the project (as a part of the state program).

Within this activity direction the Library of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan (DNURT) since 2010 has organized functioning of the repository and the sites of system of scientific publications:

1. «Science and Transport Progress. Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan» (<http://stp.diit.edu.ua/>).

РОЗВИТОК ВИЩОЇ ШКОЛИ

2. «Anthropological Measurements of Philosophical Research» (<http://ampr.diit.edu.ua/>).

3. «Transport Electrification» (<http://etr.diit.edu.ua/>).

4. «Electromagnetic Compatibility on Railway Transport» (<http://ecsr.diit.edu.ua/>).

5. «Bridges and Tunnels: Theory, Research, Practice» (<http://bttr.diit.edu.ua/>).

6. «Problems of Transport Economics» (<http://pte.diit.edu.ua/>).

7. «Transport System and Transport Technology» (<http://tsst.diit.edu.ua/>).

Besides supervision of site system, the Department of Librarian and Informational Technology of the Library is the co-editor of two scientific periodicals – "Science and Transport Progress. Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan" and "Anthropological Measurements of Philosophical Research". Staff supervise the motion of author articles, liaise with reviewers, scientific and literary editors, ensure the correctness of metadata in three languages (Ukrainian, Russian and English), regulate the issues concerning the copyright and publication advertisements. Activities of librarians are provided by the platform Open Journal Systems (OJS) – system of open access journals, created to organize data sets in order to provide free access to them.

Today OJS is the most popular technological solution in the industry of scientific publications, as of July 2012 more than 15 thousand organizations in the world use this system. In some states OJS operates as a national or transnational journal platform. In some states OJS operates as a national or transnational journal platform. It serves hundreds of titles of scientific journals. Among the states that have or are only forming the national research information platforms based on OJS are USA, Canada, Russia, Spain, Lithuania, Norway, Portugal, Serbia, Croatia, etc. Such approach appears to be expedient for other countries, which are not represented by powerful publishing corporations that can represent a national scientific information product in the globalized competitive environment [9, 10].

An example of local initiative of Denmark is the University of Aarhus undertaking on converting of all the traditional journals into electronic ones. Technical implementation of the project was entrusted to the State and University Library of

Denmark, which implements this pilot project. In turn, it grew out of the recommendations of one of the leading libraries in Denmark – Copenhagen Business School, CBS. CBS introduced this service in 2003. From the moment of appearing the number of downloads of electronic journals is growing very rapidly [9].

In Harvard's Faculty of Arts and Sciences employees-authors of articles deposit copies of journal articles in the institutional repository. They automatically transfer the right to the university and university license on the provision of open access to these articles using the Internet. The distribution of the research findings and increase of their own Science Citation Index is important for them. The scientific library ensures the resource management and maintenance of the repository.

Due to this platform the following steps become possible: the creation of sites for scientific publications, setting of white label sites, configuration setting of the appearance of information resource pages, technical support and consultation for users, maintenance of information integrity and access to this information, open access to all publications, setting the foundations - parameters of the platform, setting of the basic parameters for platform, user registration and determination of their access rights, setting of support infrastructure, the development of working processes and stages in the archive creation, operational information delivery on copyright and licenses [9].

OJS has several built-in design options for journals, with possibilities of more complex settings provided by the web design proficiency. Setting and design of the future journal site are discussed with the editorial board of university during the project installation [9].

As part of publishing activity the editors of scientific publications should also cope with the following problems: definition of scientific publication policy, the responsibility for scientific credibility and originality of publications, their conformity to the stated claims, and process of information placing in the open access [1]. Performance of these tasks becomes possible due to the fact that the scientific library provides server, supports software and updates, as well as provides training and OJS functionality support, especially in the intensive start-up phase of the project [9].

It should be noted that the introduction of documents by placing them in an electronic envi-

РОЗВИТОК ВИЩОЇ ШКОЛИ

ronment and providing an open access helps to both the optimization of scientific information exchange among scientists and the library revitalization. Publication activity of the library, which includes participation in the publication of the findings of intellectual activities of scientists, greatly expands the scope of its interests and leads to the development of the new role of the library as an active mediator (and often, as participant) in scientific communications [2, 3, 6].

General trend of the university publication activity any library can trace independently, using in their research the most known free scientometric data source – Google Scholar. During scientometric research a number of other information platforms can be used: Web of Science (company Thomson Reuters), SciVerse Scopus (publisher Elsevier), Russian Science Citation Index (RSCI), SCImago Journal & Country Rank, etc. It is the tool used by the staff of the Sector of Information Analytics of the Librarian and Informational Technology Department of the DNURT Library to explore the current state of the university scientists' ratings and the rating of the University as a whole.

In terms of the present need to account citation indices of author scientific papers, the problem of their determination for Ukrainian scientists arises. The issue is that a significant part of published works are not included into the databases of the systems for the citation index forming. This problem can be solved by placing periodicals in the international catalogues and scientometric systems.

Our scientific editions "Science and Transport Progress. Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan" and "Anthropological Measurements of Philosophical Research" are placed in the international scientometric databases, repositories and search systems: Ulrichsweb™ Global Serials Directory, DOAJ, Google Scholar, Polish Scholarly Bibliography, eLIBRARY.ru, Index Copernicus, CiteFactor, DRIVER, BASE, OCLC WorldCat, Beardslee Library, Cal State Monterey Bay, Universia, ScienceGate, NTHRYS, The Grove Library.

Originality and practical value

The article discovers the possibilities of the new scientific communication model and substantiates the leading role of the university library in its

implementation. It characterizes the open access resources (electronic scientific journals, proceedings and institutional repositories) directly influencing the scientists rating formation.

Scientific value of the work is the determination of influence ways on the formation of scientist high citation index. Since all scientists are concerned with this problem, regardless of nationality and scientific interests, this research is of significant practical usefulness for them.

Conclusions

Thus, the provision of open access to articles and scientific research of university scientists facilitates their study by wider audience and, consequently, leads to higher citation index and personal scientist rating.

Summarizing, it should be noted that the electronic scientific journals, proceedings and institutional repositories are an effective tool of scientific and information communications. They have key importance in distribution of information about scientist's research. Their rational use will help to ensure a scientist reputation in the professional scientific community

LIST OF REFERENCE LINKS

1. Иванова, А. Ю. Этические аспекты публикационной деятельности вузовской библиотеки / А. Ю. Иванова // Библиотековедение. – 2012. – № 6. – С. 112–117.
2. Колесникова, Т. Формування комунікаційних відносин при організації бібліотекою інституційного репозитарію ВНЗ / Т. Колесникова // Вісн. Кн. палати. – 2011. – № 7. – С. 15–18.
3. Колесникова, Т. Стратегії та завдання реалізації комунікаційних моделей діяльності бібліотек ВНЗ / Т. Колесникова // Вісн. кн. палати. – 2011. – № 5. – С. 23–29.
4. Кучма, И. Право первой ночи? Открытый доступ! [Электронный ресурс] / И. Кучма // Зеркало недели. – 2004. – № 11. – С. 5 – Режим доступа: <http://archive.nbuv.gov.ua/articles/2004/04ki-od.html>. – Загл. с экрана.
5. Открытый доступ: зарубежный и отечественный опыт – состояние и перспективы / Я. Л. Шрайберг, М. В. Гончаров, А. И. Земсков, К. А. Колосов // Науч. и технические б. ки. – 2012. – № 8 – С. 5–26.
6. Соловяненко, Д. Академічні бібліотеки у новому соціотехнічному вимірі: Частина перша.

РОЗВИТОК ВИЩОЇ ШКОЛИ

- Академічна бібліотека як видавець / Д. Солов'яненко // Бібл. вісн. – 2010. – № 4. – С. 3–14
7. Тарасов, Д. Використання спеціалізованих пошукових систем для отримання показників цитованості електронних наукових архівів [Електронний ресурс] / Д. Тарасов, О. Гарасим // Комп'ют. науки та інформ. технології : зб. наук. пр. – 2012. – № 732. – С. 382–388. – Режим доступу: <http://ena.lp.edu.ua:8080/handle/ntb/14975>. – Назва з екрану.
 8. Шрайберг, Я. Л. Модели открытого доступа: история, виды, особенности, терминология / Я. Л. Шрайберг, А. И. Земсков // Науч. и технические б-ки. – 2008. – № 5. – С. 68–79.
 9. Open Journal Systems [Virtual Resource] // Public Knowledge Project. – Access Mode : URL : pkp.sfu.ca/?q=ojs. – Title from the screen. – Date of Access: 10 September 2013.
 10. Frandsen, T. The integration of open access journals in the scholarly communication system: Three science fields / T. Frandsen // Information Processing & Management. – 2009. – № 1. – P. 131–141.
 11. Hunter, B. The Effect of Digital Publishing on Technical Services in University Libraries / B. Hunter // The J. of Academic Librarianship. – 2013. – № 1. – P. 84–93.
 12. Hansson, J. Librarians' Views of Academic Library Support for Scholarly Publishing: An Everyday Perspective / J. Hansson, K. Johannesson // The J. of Academic Librarianship. – 2013. – № 1. – P. 232–240.
 13. Libraries as Journal Publishers / A. Perry, C. Borchert, T. Deliyannides, A. Kosavic, R. Kennison // Serials Review. – 2011. – № 3. – P. 196–204.

О. В. ЧЕРНОБАЙ¹, О. Ю. АКСЕНОВА^{1*}

¹Научно-техническая библиотека, Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, Днепропетровск, Украина, 49010, тел. +380 (056) 373 15 71, эл. почта olga_chernobay@ukr.net

^{1*}Научно-техническая библиотека, Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, Днепропетровск, Украина, 49010, тел. +380 (056) 373 15 71, эл. почта podgainaya_o.u@mail.ru

РЕСУРСЫ ОТКРЫТОГО ДОСТУПА КАК ИНСТРУМЕНТ ФОРМИРОВАНИЯ НАУЧНОГО РЕЙТИНГА УЧЕНЫХ

Цель. Научные журналы в открытом доступе имеют важное значение в научных коммуникациях. Именно они в состоянии обеспечить оперативное ознакомление с ведущими публикациями и их научным обоснованием в виде ссылок на работы авторов, которые использовались в исследовании. Для современного ученого важным компонентом научной деятельности является достижение высокого индекса цитирования. Целью данной работы является определение инструментов повышения индекса цитирования ученых. **Методика.** При проведении данного научного исследования использовались методы обобщения, анализа и синтеза, а также системный подход. **Результаты.** На университетскую библиотеку возлагается важное предназначение – распространение результатов научно-исследовательской деятельности ученых вузов. В рамках этого функционального сегмента деятельности научно-технической библиотеки ДНУЖТ были организованы: репозиторий научных работ, система научных журналов открытого доступа и он-лайн версии сборников научных трудов. Эти ресурсы предоставляют возможность широкому кругу ученых ознакомиться с результатами работ, проведенными их коллегами в ДНУЖТ и процитировать их в собственных статьях. При наукометрических исследованиях сотрудники библиотеки используют такие информационные платформы: Google Scholar, SciVerse Scopus, DOAJ, Российский индекс научного цитирования, SCImago Journal & Country Rank. **Научная новизна.** Научной новизной данной работы является определение способов влияния на формирование высокого индекса цитирования ученого. **Практическая значимость.** В статье приводятся убедительные доказательства целесообразности использования ресурсов открытого доступа (электронных научных журналов, сборников научных трудов и институциональных репозитариев) для обеспечения популярности ученого в профессиональных кругах научной общественности.

Ключевые слова: научно-технические библиотеки; библиотеки университетов; публикационная деятельность библиотек; открытый доступ; электронные журналы; репозитарии; информационная аналитика; индекс цитирования; рейтинг ученого; наукометрия; Open Journal Systems; OJS

О. В. ЧОРНОБАЙ¹, О. Ю. АКСЬОНОВА^{1*}¹Науково-технічна бібліотека, Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка
В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, Дніпропетровськ, Україна, 49010, тел. +380 (056) 373 15 71,
ел.пошта olga_chernobay@ukr.net^{1*}Науково-технічна бібліотека, Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка
В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, Дніпропетровськ, Україна, 49010, тел. +380 (056) 373 15 71,
ел. пошта podgainaya_o.u@mail.ru

РЕСУРСИ ВІДКРИТОГО ДОСТУПУ ЯК ІНСТРУМЕНТ ФОРМУВАННЯ НАУКОВОГО РЕЙТИНГУ ВЧЕНИХ

Мета. Наукові журнали у відкритому доступі мають важливе значення в наукових комунікаціях. Саме вони в змозі забезпечити оперативне ознайомлення з провідними публікаціями та їх науковим обґрунтуванням у вигляді посилань на роботи авторів, які використовувалися в дослідженні. Для сучасного вченого важливим компонентом наукової діяльності є досягнення високого індексу цитування. Метою даної роботи є визначення інструментів підвищення індексу цитування вчених. **Методика.** При проведенні даного наукового дослідження використовувалися методи узагальнення, аналізу та синтезу, а також системний підхід. **Результати.** На університетську бібліотеку покладається важливе призначення – поширення результатів науково-дослідницької діяльності вчених вузів. У рамках цього функціонального сегмента діяльності науково-технічної бібліотеки ДНУЗТ були організовані: репозитарій наукових робіт, система наукових журналів відкритого доступу та он-лайн версії збірників наукових праць. Ці ресурси надають можливість широкому колу науковців ознайомитися з результатами робіт, проведеними їх колегами в ДНУЗТ і процитувати їх у власних статтях. При наукометричних дослідженнях співробітники бібліотеки використовують такі інформаційні платформи: Google Scholar, SciVerse Scopus, DOAJ, Російський індекс наукового цитування, SCImago Journal & Country Rank. **Наукова новизна.** Науковою новизною даної роботи є визначення способів впливу на формування високого індексу цитування вченого. **Практична значимість.** У статті наводяться переконливі докази доцільності використання ресурсів відкритого доступу (електронних наукових журналів, збірників наукових праць та інституційних репозитаріїв) для забезпечення популярності вченого в професійних колах наукової громадськості.

Ключові слова: науково-технічні бібліотеки; бібліотеки університетів; публікаційна діяльність бібліотек; відкритий доступ; електронні журнали; репозитарії; інформаційна аналітика; індекс цитування; рейтинг ученого; наукометрія; Open Journal Systems; OJS

REFERENCES

1. Ivanova A.Yu. Eticheskiye aspekty publikatsionnoy deyatelnosti vuzovskoy biblioteki [Ethical aspects of publishing activities in the university library]. *Bibliotekovedeniye – Librarian Science*, 2012, no. 6, pp. 112-117.
2. Kolesnykova T. Formuvannya komunikatsiynykh vidnosyn pry orhanizatsii bibliotekoioy instytutsiinoho repozytariiu VNZ [Formation of the communication relationships during the organization by the library institutional repository]. *Visnyk knyzhkovoi palaty – Bulletin of the Book Chamber*, 2011, no. 7, pp. 15-18.
3. Kolesnykova T. Stratehii ta zavdannia realizatsii komunikatsiynykh modelei diialnosti bibliotek VNZ [Strategy and implementation task of communication model of the university libraries activity]. *Visnyk knyzhkovoi palaty – Bulletin of the Book Chamber*, 2011, no. 5, pp. 23-29.
4. Kuchma I. Pravo pervoy nochi? Otkrytyy dostup! (Jus primae noctis? Open Access!). *Zerkalo nedeli – Mirror Weekly*, 2004, no. 11, p. 5. Available at: <http://archive.nbuv.gov.ua/articles/2004/04ki-od.html>. (Accessed 04 December 2013).
5. Shrayberg Ya.L., Goncharov M.V., Zemskov A.I., Kolosov K.A. Otkrytyy dostup: zarubezhnyy i otechestvennyy opyt – sostoyanie i perspektivy [Open access: foreign and domestic experience – state and prospects]. *Nauchnyye i tekhnicheskiye biblioteki – Scientific and Technical Libraries*, 2012, no. 8, pp. 5-26.
6. Solovianenko D. Akademichni biblioteki u novomu sotsiotekhnichnomu vymiri: Chastyna persha. Akademichna biblioteka yak vydavets [Academic libraries in the new socio-technical dimension: Part One. Academic library as a publisher]. *Biblioteknyi visnyk – Librarian Bulletin*, 2010, no. 4, pp. 3-14.
7. Tarasov D., Harasym O. Vykorystannia spetsializovanykh poshukovykh system dlia otrymannia pokaznykiv tsytovanosti elektronnykh naukovykh arkhiviv (Use of specialized search systems for obtaining the electronic

РОЗВИТОК ВИЩОЇ ШКОЛИ

- scientific citation indices of the archives). *Kompiuterni nauky ta informatsiini tekhnologii* [Computer and Information Technologies], 2012, no. 732, pp. 382-388. Available at: <http://ena.lp.edu.ua:8080/handle/ntb/14975> (Accessed 04 December 2013).
8. Shrayberg Ya.L., Zemskov A.I. Modeli otkrytogo dostupa: istoriya, vidy, osobennosti, terminologiya [Open access models: history, types, features, terminology]. *Nauchnyye i tekhnicheskiye biblioteki – Scientific and Technical Libraries*, 2008, no. 5, pp. 68-79.
 9. Open Journal Systems. *Public Knowledge Project*. Available at: URL: pkp.sfu.ca/?q=ojs. (Accessed 05 December 2013).
 10. Frandsen T. The integration of open access journals in the scholarly communication system: Three science fields. *Information Processing & Management*, 2009, no. 1, pp. 131-141.
 11. Hunter B. The Effect of Digital Publishing on Technical Services in University Libraries. *The Journal of Academic Librarianship*, 2013, no. 1, pp. 84–93.
 12. Hansson J., Johannesson K. Librarians' Views of Academic Library Support for Scholarly Publishing: An Every-day Perspective. *The Journal of Academic Librarianship*, 2013, no. 1, pp. 232-240.
 13. Perry A., Borchert C., Deliyannides T., Kosavic A., Kennison R. Libraries as Journal Publishers. *Serials Review*, 2011, no. 3, pp. 196-204.

PhD (Social Communications) T. O. Kolesnykova; D.Sc. (Social Communications) O. M. Kobieliev recommended this article to be published

Received Oct. 05, 2013

Accepted Nov. 06, 2013

ТЕМАТИЧНИЙ ПОКАЖЧИК ЖУРНАЛУ «НАУКА ТА ПРОГРЕС ТРАНСПОРТУ. ВІСНИК ДНІПРОПЕТРОВСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ» ЗА 2013 РІК

Наука та прогрес транспорту	№	Стор.	Удосконалення реагування на аварійні ситуації при перевезенні небезпечних вантажів на залізниці.		
Прогрес транспорту – запорука розвитку національної економіки. <i>С. В. Мямлін</i>	1	7	<i>Є. Я. Косенко, С. В. Кухлівський, Б. М. Бондаренко, І. І. Подзигун</i>	2	28
Інтеграція української галузевої наукової періодики у світовий науково-інформаційний простір: проблеми та рішення. <i>Т. О. Колесникова</i>	6	7	Прогнозування забруднення повітряного середовища від автотранспорту на вулицях та в мікрорайонах міста. <i>Т. І. Русакова</i>	6	32
Автоматизовані системи управління на транспорті			Економіка та управління		
Оцінка аварійності на залізничних переїздах Литви. <i>Г. А. Бурейка, Л. Г. Людвиновичус</i>	1	13	Методика оцінки якісних показників ефективності діяльності неприбуткових організацій. <i>В. Д. Зелікман, О. Ю. Рубець</i>	1	56
Діагностування стану поверхні кочення колеса рухомого складу залізниць. <i>С. Ю. Буряк</i>	1	22	Огляд досвіду реформування провідних залізниць світу. <i>Л. В. Марценюк</i>	1	63
Синтез цифрового локомотивного приймача автоматичної локомотивної сигналізації. <i>К. В. Гончаров</i>	1	30	Щодо питання про наукове обґрунтування відсотків за депозитами та кредитами. <i>О. М. Пишнько, В. В. Мямлін, С. В. Мямлін</i>	1	82
Проблематика підходів до дослідження безпеки використання ергатичних систем керування на залізничному транспорті. <i>О. Ю. Каменєв</i>	2	7	Формування організаційної структури за видами діяльності. <i>Ю. С. Бараши, Л. В. Марценюк</i>	2	35
Методика оцінки надійності нечітких систем з використанням різних видів розмитих множин. <i>А. А. Косолапов</i>	2	17	Нівелювання опорів змінам на підприємствах залізничного транспорту в умовах проведення реформ. <i>О. М. Широкова</i>	3	7
Дослідження перехідних процесів у тональних рейкових колах. <i>К. В. Гончаров</i>	4	7	Оцінка впливу зовнішніх факторів на організаційно-ресурсне забезпечення машинобудівної галузі. <i>Ю. В. Гусак</i>	5	16
Аналіз існуючих та перспективних засобів технічного контролю систем числового кодового автоблокування. <i>А. М. Безнаритний, В. І. Гаврилюк</i>	5	7	Основні засади розвитку транспортно-го туризму в Україні. <i>Л. В. Марценюк</i>	5	24
Підвищення стійкості тональних рейкових кіл в умовах флуктуацій опору баласту. <i>К. В. Гончаров</i>	6	23	Оперативний розподіл поїздопотоків по ланкам залізничного полігону. <i>Г. Я. Мозолеви</i>	5	33
Екологія на транспорті			Методичні підходи до визначення ефективності курсування швидкісних та високошвидкісних поїздів. <i>А. В. Момот</i>	6	45
CFD-модель процесу масопереносу у вертикальному відстійнику. <i>О. К. Нагорна</i>	1	39	Експлуатація та ремонт засобів транспорту		
Втрати від випаровування – шлях до погіршення якості палив. <i>Л. М. Черняк</i>	1	51	Оптимізація режимів гальмування відцепів розрахункової групи состава. <i>В. І. Бобровський, А. С. Дорош</i>	1	103

Визначення методу фільтрації сигналу нерівномірності частоти обертання колінчастого вала дизеля. <i>Б. Є. Боднар, О. Б. Очкасов, Д. В. Черняєв</i>	1	113	Результати ходових динамічних випробувань дизельного поїзда 630М виробництва АТ PESA (Польща). <i>Є. П. Блохін, Р. Б. Грановський, Є. М. Дзичковський, О. Є. Кривчиков, Н. Й. Грановська, А. Ціюпа</i>	4	18
Діагностування тягових електродвигунів за нерівномірністю обертання якоря. <i>Б. Є. Боднар, О. Б. Очкасов, Д. В. Черняєв, Я. І. Шевченко</i>	3	13	Комплексна оцінка показників якості електроенергії на тягових підстанціях змінного струму. <i>Д. О. Босий</i>	4	30
Математична модель для оцінки техніко-технологічних показників роботи залізничних станцій. <i>Д. М. Козаченко</i>	3	22	Ще раз про визначення економії електроенергії на тягу за рахунок часткового відключення тягових двигунів електрорухомого складу. <i>Г. К. Гетьман, В. Є. Васильєв</i>	5	47
Проблеми зносу коліс тепловозів при оновленні парку. <i>Г. Вайчунас, Г. Гелумбіцкас, Л. П. Лінгайтис</i>	4	38	Залізнична колія		
Об'єктно-орієнтована модель функціонування залізничних станцій. <i>Д. М. Козаченко</i>	4	47	Порівняльний аналіз розрахункових моделей залізничного земляного полотна. <i>В. Д. Петренко, Д. О. Ямпольський, І. О. Святко</i>	4	56
Енергозбереження при експлуатації відкритих плавальних басейнів. <i>В. Ф. Івін, Б. Є. Боднар</i>	5	40	Ефективність застосування динамічних стабілізаторів у післяремонтний період на залізницях України. <i>О. С. Чернишова, М. І. Уманов, В. В. Ковальов, Ю. С. Марков, О. В. Губар</i>	4	63
Визначення сили тяги локомотива з урахуванням нерівномірності навантаження колісно-моторних блоків. <i>Б. Є. Боднар, М. І. Капіца, Д. М. Кислий</i>	6	63	Моделювання взаємодії колії та рухомого складу. <i>Н. В. Халіпова</i>	5	58
Прогнозування пасажирських потоків у великих транспортних вузлах. <i>О. О. Озерова</i>	6	72	Матеріалознавство		
Електричний транспорт			Електрична імпульсна обробка металу ободу залізничного колеса після експлуатації. <i>Л. І. Вакуленко, В. А. Сокірко, Ю. Л. Надеждин</i>	1	126
Теоретичні аспекти та методи ідентифікації параметрів пристроїв системи електричної тяги. Метод циклічної вольт-амперної характеристики. <i>Т. М. Міщенко</i>	1	119	Визначення механізму зношування вуглецевої сталі з мартенситною структурою. <i>І. О. Вакуленко</i>	2	76
Вільнопоршневий двигун-гідронасос для залізничного транспорту. <i>А. Ф. Головчук, К. В. Приходько</i>	2	49	Адгезійна міцність нікелевих та цинкових покриттів з мідною основою, електроосаджених в умовах зовнішньої стимуляції лазерним випромінюванням. <i>В. В. Дудкіна</i>	2	83
Методи аналізу стохастичних перехідних електромагнітних процесів у системах електричної тяги. <i>Т. М. Міщенко</i>	2	56	Перспектива використання атермічних технологій пом'якшення металу елементів рухомого складу. <i>І. О. Вакуленко, С. В. Пройдак, М. М. Грищенко</i>	3	36
Кореляційно-дисперсійний метод визначення складових повної потужності в пристроях електричного транспорту. <i>А. В. Нікітенко, М. О. Костін</i>	2	64	Оцінка якісних показників контактування поверхневих шарів трибологічної системи «колесо – рейка». <i>А. Я. Куліченко, М. О. Кузін, І. О. Вакуленко</i>	3	44
Особливості розрахунку силового трансформатора підвищеної частоти. <i>Д. О. Забаріло</i>	3	29			

Підвищення ливарних властивостей вторинних алюмінієвих сплавів. <i>О. В. Лютова</i>	3	53	Автоматизація інформаційної підтримки прийняття рішень з вдосконалення якості електронних освітніх ресурсів. <i>А. Л. Данченко</i>	3	93
Вплив модифікування на характеристики маловуглецевої сталі Ст1кп та колісної КП-Т. <i>С. О. Полішко, М. А. Кушнір, Ю. В. Татарко, А. Ф. Санін</i>	3	60	Методика побудови раціональної структури мережі підприємства за допомогою імітаційних моделей. <i>В. М. Пахомова</i>	3	103
Використання комплексних модифікаторів для підвищення якості сталі R7. <i>Ю. В. Татарко, М. А. Кушнір, І. А. Маркова, Т. І. Івченко</i>	3	67	Синтез оптимального цифрового регулятора дозування флокулянтів. <i>О. В. Письменський</i>	3	111
Електрична імпульсна обробка зварного з'єднання алюмінієвого сплаву. <i>І. О. Вакуленко, Ю. Л. Надеждін, В. А. Сокірко, І. П. Волчок, О. А. Мітяєв</i>	4	73	Щодо питання про моделювання процесів зносу залізничних коліс і рейок. <i>Л. А. Манашкін, С. В. Мямлін</i>	3	119
Накопичення втомних пошкоджень деталей вагонів згідно з критерієм питомої енергії повної деформації. <i>А. Я. Куліченко, М. О. Кузін, Л. І. Вакуленко</i>	4	83	Модифікована імітаційна модель локальної мережі з використанням маркерного методу доступу до шини. <i>В. М. Пахомова, Л. В. Стрибулевич</i>	4	90
Вплив лазерного випромінювання на структуру і механічні властивості композиційних електролітичних нікелевих покриттів. <i>В. О. Заблудовський, В. В. Дудкіна, Е. П. Штапенко</i>	5	70	Моделювання й прогнозування процесів на основі узагальненого логістичного відображення. <i>В. В. Скалозуб, В. Є. Белозьоров, І. В. Кліменко, Б. Б. Білий</i>	6	99
Підвищення зносостійкості графітизованої сталі. <i>І. В. Акімов</i>	6	81	Нетрадиційні види транспорту		
Вплив попередньої термічної обробки на пластичність білих чавунів. <i>Т. М. Миронова</i>	6	88	Постановка задачі топологічної оптимізації конструкцій рухомого складу та спеціальної техніки залізниць з урахуванням комплексних обмежень на міцність. <i>Б. М. Товт</i>	5	79
Моделювання задач транспорту та економіки			Аналіз впливу пружних деформацій несучого каната на зусилля в тяговому канаті підвісної дороги. <i>С. В. Ракиша, Ю. К. Горячев, О. С. Куроп'ятник</i>	6	110
Економіко-математичне обґрунтування розподілу поїздопотоків на напрямку залізничних перевезень з паралельними ходами Знам'янка – Одеса. <i>Н. О. Логвінова</i>	2	92	Промисловий транспорт		
Про еквівалентність критеріїв безпеки від сходу колеса з рейок при використанні напрямної або бічної сили. <i>Є. П. Блохін, М. Л. Коротенко, І. В. Клименко</i>	3	74	Теоретико-експериментальна оцінка показників міцності корпусів тягових редукторів зварної конструкції КЕВРЗ для електропоїздів серій ЕР2, ЕР9. <i>О. М. Бондарєв, Д. О. Ягода, О. О. Бондарєв, В. М. Скобленко</i>	4	99
Аналіз впливу зміни параметрів випрямлення вагових функцій розподілу за граничною щільністю й зольністю на стійкість моделі опису фракційного складу вугілля. <i>О. В. Грачов</i>	3	82	Оцінка показників міцності елементів несучих конструкцій моторних візків електропоїздів ЕД9М. <i>О. М. Бондарєв, Є. М. Дзічковський, О. Є. Кривчиков, В. М. Скобленко</i>	5	89
			Теоретично-експериментальна оцінка показників міцності середніх поперечних балок рам візків причіпних вагонів електропоїздів ЕР9М, ЕР9Е. <i>О. М. Бондарєв, О. Є. Кривчиков, Д. О. Ягода, В. С. Бондарєва, В. В. Рядковський</i>	6	120

Рухомий склад і тяга поїздів

Оцінка впливу параметрів днища на напружений стан котла цистерни.

С. В. Беспалько, В. І. Богачев

1 133

Вирішення задач надійності системи на основі моделювання напружено-деформаційного стану залізничної колії засобами теорії розповсюдження пружних хвиль. *І. О. Бондаренко, Д. М. Курган*

1 139

Оцінка енергоефективності нетягового рухомого складу.

А. Н. Комарова, Ю. П. Бороненко

1 149

Оцінка впливу роботи пристроїв системи пасивної безпеки пасажирського локомотиву на його динамічну навантаженість при аварійному зіткненні з перешкодою на залізниці.

Н. Є. Науменко, І. Ю. Хижа

1 154

Визначення динамічних показників вантажних вагонів з урахуванням технічного стану ковзунів.

С. В. Мямлін, Л. О. Недужа,

О. О. Тен, А. О. Швець

1 162

Дослідження механічних властивостей Pb-Ca-Sn сплавів і стрічок для струмовідводів герметизованих свинцево-кислотних акумуляторів (VRLA). *Ю. І. Казача, С. В. Шнуровий, В. А. Іванов, В. А. Дзензерський, С. В. Бурилов, В. Ю. Скосарь*

2 99

Оптимізація несучої конструкції планувальника баластної призми СПЗ-5/UA. *С. А. Костриця, Б. М. Товт*

2 106

Розробка математичних моделей вагонів на візках 18-9810 і 18-9855 для дослідження зносу коліс.

А. В. Саїдова, А. М. Орлова

2 118

Метод побудови просторової перехідної кривої. *С. А. Устенко,*

С. В. Діданов

2 124

Оцінка подовжньої навантаженості наливних поїздів при русі переломами подовжного профілю колії.

С. В. Мямлін, Я. М. Романюк

3 125

Вплив високочастотних вібрацій на коефіцієнт запасу стійкості вагонів проти сходу з рейок при вповзанні гребеня колеса на рейку.

Н. В. Безрукавий

4 111

Динамічні показники вантажних вагонів на візках моделі 18-1711.

В. М. Бубнов, С. В. Мямлін,

М. Б. Манкевич

4 118

Двошаровий потік повітря при обтіканні високошвидкісного поїзда.

Р. Ш. Ісанов

4 127

Розрахункові збурення для оцінки динамічних якостей вантажних вагонів. *В. Ф. Ушкалов, Л. Г. Лапіна, І. О. Мащенко*

4 135

Результати експлуатаційних випробувань геометрично-силового методу оцінки стану колії. *В. С. Коссов, А. Л. Бидуля, О. Г. Краснов, М. Г. Акашев*

5 97

Методи комплексної оптимізації магнітолевітуючих транспортних систем. *А. Лашер, М. Уманов, Є. Фрішман, Е. Прішедько*

5 105

Удосконалення конструкції ходових частин локомотивів. *С. В. Мямлін, Л. О. Недужа*

5 124

Динамічна достатність магнітолевітуючого поїзда. *В. О. Поляков, М. М. Хачапурідзе*

6 132

Алгоритм визначення оптимальних геометричних параметрів складових елементів вантажних вагонів на основі узагальнених математичних моделей. *О. В. Фомін*

6 140

Математичне моделювання нестационарних теплових процесів у пасажирському вагоні. *І. Ю. Хоменко*

6 147

Транспортне будівництво

Ефективність використання хімічних добавок для виготовлення залізобетонних виробів. *В. В. Пристинська*

1 170

Міські залізниці як об'єкт повторної забудови. *А. В. Радкевич, В. Ф. Худенко, Д. А. Юрков*

1 177

Про деякі аспекти вибухів в ґрунтах штучних споруд. *В. П. Бербушенко, О. В. Марущак*

2 129

Дослідження властивостей сучасних теплоізоляційних матеріалів. *А. С. Щербак*

2 136

Інноваційні підходи до організації та управління матеріальними потоками будівельного комплексу.

А. В. Радкевич, І. А. Арутюнян

4 145

Легкі бетони із золою віднесення Придніпровської ТЕС. <i>М. І. Нетеса, Д. В. Паланчук, А. М. Нетеса</i>	5	137
Розвиток вищої школи		
Теоретико-методологічні основи психологічної і психофізичної під- готовки студентів в процесі фізичного виховання. <i>В. В. Пічурін</i>	2	144
Розвиток координаційних здібностей студенток спеціальної медичної гру- пи в процесі фізичного виховання. <i>О. М. Доценко</i>	5	146
Протистояння технократичної та гуманістичної систем цінностей. <i>М. І. Казакєвич, І. І. Гузова</i>	6	156
Ресурси відкритого доступу як ін- струмент формування наукового рейтингу вчених. <i>О. В. Чорнобай, О. Ю. Аксьонова</i>	6	168

ТЕМАТИЧЕСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ ЖУРНАЛА «НАУКА И ПРОГРЕСС ТРАНСПОРТА. ВЕСТНИК ДНЕПРОПЕТРОВСКОГО НАЦИОНАЛЬНОГО УНИВЕРСИТЕТА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА» ЗА 2013 ГОД

Наука и прогресс транспорта

Прогресс транспорта – залог развития национальной экономики. *С. В. Мямлин* 1 7

Интеграция украинской отраслевой научной периодики в мировое научно-информационное пространство: проблемы и решения. *Т. А. Колесникова* 6 7

Автоматизированные системы управления на транспорте

Оценка аварийности на железнодорожных переездах Литвы. *Г. А. Бурейка, Л. Г. Людвиновичюс* 1 13

Диагностирование состояния поверхности катания колеса подвижного состава железных дорог. *С. Ю. Буряк* 1 22

Синтез цифрового локомотивного приемника автоматической локомотивной сигнализации. *К. В. Гончаров* 1 30

Проблематика подходов к исследованию безопасности применения эргатических систем управления на железнодорожном транспорте. *А. Ю. Каменев* 2 7

Методика оценки надёжности нечётких систем с использованием различных видов размытых множеств. *А. А. Косолапов* 2 17

Исследование переходных процессов в тональных рельсовых цепях. *К. В. Гончаров* 4 7

Анализ существующих и перспективных средств технического контроля системы числовой кодовой автоблокировки. *А. М. Безнарытний, В. И. Гаврилюк* 5 7

Повышение устойчивости тональных рельсовых цепей в условиях флуктуаций сопротивления балласта. *К. В. Гончаров* 6 23

Экология на транспорте

CFD-модель процесса массопереноса в вертикальном отстойнике. *Е. К. Нагорная* 1 39

Потери от испарения – путь к ухудшению качества топлив. *Л. Н. Черняк* 1 51

Усовершенствование реагирования на аварийные ситуации при перевозке опасных грузов на железной дороге. *Е. Я. Косенко, С. В. Кухливский, Б. М. Бондаренко, И. И. Подзигун* 2 28

Прогнозирование загрязнения воздушной среды от автотранспорта на улицах и в микрорайонах города. *Т. И. Русякова* 6 32

Экономика и управление

Методика оценки качественных показателей эффективности деятельности неприбыльных организаций. *В. Д. Зеликман, О. Ю. Рубец* 1 56

Обзор опыта реформирования ведущих железных дорог мира. *Л. В. Марценюк* 1 63

К вопросу о научной обоснованности процентов по депозитам и кредитам. *А. Н. Пишинько, В. В. Мямлин, С. В. Мямлин* 1 82

Формирование организационной структуры по видам деятельности. *Ю. С. Бараиш, Л. В. Марценюк* 2 35

Нивелирование сопротивлений изменениям на предприятиях железнодорожного транспорта в условиях проведения реформ. *Е. Н. Широкова* 3 7

Оценка влияния внешних факторов на организационно-ресурсное обеспечение машиностроительной области. *Ю. В. Гусак* 5 16

Основные принципы развития транспортного туризма в Украине. *Л. В. Марценюк* 5 24

Оперативное распределение поездопотоков по участкам железнодорожного полигона. *Г. Я. Мозолевиц* 5 33

Методические подходы к определению эффективности курсирования скоростных и высокоскоростных поездов. <i>А. В. Момот</i>	6	45	Методы анализа стохастических переходных электромагнитных процессов в системах электрической тяги. <i>Т. Н. Мищенко</i>	2	56
Эксплуатация и ремонт средств транспорта			Кореляционно-дисперсионный метод определения составляющих полной мощности в устройствах электрического транспорта. <i>А. В. Никитенко, Н. А. Костин</i>	2	64
Оптимизация режимов торможения отцепов расчетной группы состава. <i>В. И. Бобровский, А. С. Дорош</i>	1	103	Особенности расчета силового трансформатора повышенной частоты. <i>Д. А. Забарилло</i>	3	29
Определение метода фильтрации сигнала неравномерности частоты вращения коленчатого вала дизеля. <i>Б. Е. Боднар, А. Б. Очкасов, Д. В. Черняев</i>	1	113	Результаты ходовых динамических испытаний дизельного поезда 630М производства АО PESA (Польша). <i>Е. П. Блохин, Р. Б. Грановский, Е. М. Дзичковский, А. Е. Кривчиков, Н. И. Грановская, А. Циюпа</i>	4	18
Диагностирование тяговых электродвигателей по неравномерности вращения якоря. <i>Б. Е. Боднар, А. Б. Очкасов, Д. В. Черняев, Я. И. Шевченко</i>	3	13	Комплексная оценка показателей качества электроэнергии на тяговых подстанциях переменного тока. <i>Д. А. Босый</i>	4	30
Математическая модель для оценки технико-технологических показателей работы железнодорожных станций. <i>Д. Н. Козаченко</i>	3	22	Еще раз об определении экономии электроэнергии на тягу за счет частичного отключения тяговых двигателей электроподвижного состава. <i>Г. К. Гетьман, В. Е. Васильев</i>	5	47
Проблемы износа колес тепловозов при обновлении парка. <i>Г. Вайчунас, Г. Гелумбицкас, Л. П. Лингайтис</i>	4	38	Железнодорожный путь		
Объектно-ориентированная модель функционирования железнодорожных станций. <i>Д. Н. Козаченко</i>	4	47	Сравнительный анализ расчетных моделей железнодорожного земляного полотна. <i>В. Д. Петренко, Д. А. Ямпольский, И. А. Святко</i>	4	56
Энергосбережение при эксплуатации открытых плавательных бассейнов. <i>В. Ф. Ивин, Б. Е. Боднар</i>	5	40	Эффективность применения динамических стабилизаторов в послеремонтный период на железных дорогах Украины. <i>О. С. Чернышова, М. И. Уманов, В. В. Ковалев, Ю. С. Марков, А. В. Губарь</i>	4	63
Определение силы тяги локомотива с учетом неравномерности нагрузки колесно-моторных блоков. <i>Б. Е. Боднар, М. И. Капица, Д. Н. Кислый</i>	6	63	Моделирование взаимодействия пути и подвижного состава. <i>Н. В. Халипова</i>	5	58
Прогнозирование пассажирских потоков в крупных транспортных узлах. <i>О. А. Озерова</i>	6	72	Материаловедение		
Электрический транспорт			Электрическая импульсная обработка металла обода железнодорожного колеса после эксплуатации. <i>Л. И. Вакуленко, В. А. Сокирко, Ю. Л. Надеждин</i>	1	126
Теоретические аспекты и методы идентификации параметров устройств системы электрической тяги. Метод циклической вольт-амперной характеристики. <i>Т. Н. Мищенко</i>	1	119	Выяснение механизма изнашивания углеродистой стали с мартенситной структурой. <i>И. А. Вакуленко</i>	2	76
Свободнопоршневой двигатель-гидронасос для железнодорожного транспорта. <i>А. Ф. Головчук, К. В. Приходько</i>	2	49			

Адгезионная прочность никелевых и цинковых покрытий с медной основой, электроосажденных в условиях внешней стимуляции лазерным излучением. <i>В. В. Дудкина</i>	2	83	Моделирование задач транспорта и экономики		
Перспектива использования атермических технологий разупрочнения металла элементов подвижного состава. <i>И. А. Вакуленко, С. В. Пройдак, Н. Н. Гриценко</i>	3	36	Экономико-математическое обоснование распределения поездопотоков на направлении железнодорожных перевозок с параллельными ходами Знаменка–Одесса. <i>Н. А. Логвинова</i>	2	92
Оценка качественных показателей контактирования поверхностных слоев трибологической системы «колесо – рельс». <i>А. Я. Куличенко, Н. О. Кузин, И. А. Вакуленко</i>	3	44	Об эквивалентности критериев безопасности от схода колеса с рельсов при использовании направляющей либо боковой силы. <i>Е. П. Блохин, М. Л. Коротенко, И. В. Клименко</i>	3	74
Повышение литейных свойств вторичных алюминиевых сплавов. <i>О. В. Лютова</i>	3	53	Анализ влияния изменения параметров спрямления весовых функций распределения по граничной плотности и зольности на устойчивость модели описания фракционного состава угля. <i>О. В. Грачёв</i>	3	82
Влияние модифицирования на характеристики малоуглеродистой стали Ст1кп и колесной КП-Т. <i>С. А. Полишко, М. А. Кушнир, Ю. В. Татарко, А. Ф. Санин</i>	3	60	Автоматизация информационной поддержки принятия решений по совершенствованию качества электронных образовательных ресурсов. <i>А. Л. Данченко</i>	3	93
Использование комплексных модификаторов для повышения качества стали R7. <i>Ю. В. Татарко, М. А. Кушнир, И. А. Маркова, Т. И. Ивченко</i>	3	67	Методика построения рациональной структуры сети предприятия с помощью имитационных моделей. <i>В. Н. Пахомова</i>	3	103
Электрическая импульсная обработка сварочного соединения алюминиевого сплава. <i>И. А. Вакуленко, Ю. Л. Надеждин, В. А. Сокирко, И. П. Волчок, А. А. Митяев</i>	4	73	Синтез оптимального цифрового регулятора дозирования флокулянта. <i>А. В. Письменский</i>	3	111
Накопление усталостных повреждений деталей вагонов по критерию удельной энергии полной деформации. <i>А. Я. Куличенко, Н. О. Кузин, Л. И. Вакуленко</i>	4	83	К вопросу о моделировании процессов износа железнодорожных колес и рельсов. <i>Л. А. Манашкин, С. В. Мямлин</i>	3	119
Влияние лазерного излучения на структуру и механические свойства композиционных электролитических никелевых покрытий. <i>В. А. Заблудовский, В. В. Дудкина, Э. Ф. Штапенко</i>	5	70	Модифицированная имитационная модель локальной сети с использованием маркерного метода доступа к шине. <i>В. Н. Пахомова, Л. В. Стрибулевич</i>	4	90
Повышение износостойкости графитизированной стали. <i>И. В. Акимов</i>	6	81	Моделирование и прогнозирование процессов на основе обобщенного логистического отображения. <i>В. В. Скалозуб, В. Е. Белозёров, И. В. Клименко, Б. Б. Белый</i>	6	99
Влияние предварительной термической обработки на пластичность белых чугунов. <i>Т. М. Миронова</i>	6	88	Нетрадиционные виды транспорта		
			Постановка задачи топологической оптимизации конструкций подвижного состава и специальной техники железных дорог с учётом комплексных ограничений на прочность. <i>Б. Н. Товт</i>	5	79

Анализ влияния упругих деформаций несущего каната на усилия в тяговом канате подвесной дороги. <i>С. В. Ракиш, Ю. К. Горячев, А. С. Куропятник</i>	6	110	Исследование механических свойств Pb-Ca-Sn сплавов и лент для токоотводов герметизированных свинцово-кислотных аккумуляторов (VRLA). <i>Ю. И. Казача, С. В. Шнуровой, В. А. Иванов, В. А. Дзензерский, С. В. Бурылов, В. Ю. Скосарь</i>	2	99
Промышленный транспорт					
Теоретико-экспериментальная оценка показателей прочности корпусов тяговых редукторов сварной конструкции КЭВРЗ для электропоездов ЭР2, ЭР9. <i>А. М. Бондарев, Д. А. Ягода, А. А. Бондарев, В. М. Скобленко</i>	4	99	Оптимизация несущей конструкции планировщика балластной призмы СПЗ-5/UA. <i>С. А. Кострица, Б. Н. Товт</i>	2	106
Оценка показателей прочности элементов несущих конструкций моторных тележек электропоездов ЭД9М. <i>А. М. Бондарев, Е. М. Дзичковский, А. Е. Кривчиков, В. М. Скобленко</i>	5	89	Разработка математических моделей вагона на тележках 18-9810 и 18-9855 для исследования износов колес. <i>А. В. Саидова, А. М. Орлова</i>	2	118
Теоретико - экспериментальная оценка показателей прочности средних поперечных балок рам тележек прицепных вагонов электропоездов ЕР9М, ЕР9Е. <i>А. М. Бондарев, А. Е. Кривчиков, Д. А. Ягода, В. С. Бондарева, В. В. Рялковский</i>	6	120	Метод построения пространственной переходной кривой. <i>С. А. Устенко, С. В. Диданов</i>	2	124
Подвижной состав железных дорог и тяга поездов			Оценка продольной нагруженности наливных поездов при движении по переломам продольного профиля пути. <i>С. В. Мямлин, Я. Н. Романюк</i>	3	125
Оценка влияния параметров днища на напряженное состояние котла цистерны. <i>С. В. Беспалько, В. И. Богачев</i>	1	133	Влияние высокочастотных вибраций на коэффициент запаса устойчивости вагона против схода с рельсов при вползании гребня колеса на рельс. <i>Н. В. Безрукавый</i>	4	111
Решение задач надежности системы на основе моделирования напряженно-деформированного состояния железнодорожного пути средствами теории распространения упругих волн. <i>И. А. Бондаренко, Д. Н. Курган</i>	1	139	Динамические показатели грузовых вагонов на тележках модели 18-1711. <i>В. М. Бубнов, С. В. Мямлин, Н. Б. Манкевич</i>	4	118
Оценка энергоэффективности нетягового подвижного состава. <i>А. Н. Комарова, Ю. П. Бороненко</i>	1	149	Двухслойный поток воздуха при обтекании высокоскоростного поезда. <i>Р. Ш. Исанов</i>	4	127
Оценка влияния работы устройств системы пассивной безопасности пассажирского локомотива на его динамическую нагруженность при аварийном столкновении с препятствием на железной дороге. <i>Н. Е. Науменко, И. Ю. Хижа</i>	1	154	Расчетные возмущения для оценки динамических качеств грузовых вагонов. <i>В. Ф. Ушкалов, Л. Г. Лапина, И. А. Мащенко</i>	4	135
Определение динамических показателей грузовых вагонов с учетом технического состояния скользунов. <i>С. В. Мямлин, Л. А. Недужая, А. А. Тен, А. А. Швец</i>	1	162	Результаты эксплуатационных испытаний геометрически-силового метода оценки состояния пути. <i>В. С. Коссов, А. Л. Бидуля, О. Г. Краснов, М. Г. Акашев</i>	5	97
			Методы комплексной оптимизации магнитолевитирующих транспортных систем. <i>А. Лашер, М. Уманов, Е. Фришман, Е. Пришедько</i>	5	105
			Совершенствование конструкции ходовых частей локомотивов. <i>С. В. Мямлин, Л. А. Недужая</i>	5	124

Динамическая достаточность магнитолевитирующего поезда. <i>В. А. Поляков, Н. М. Хачапуридзе</i>	6	132	Инновационные подходы к организации и управлению материальными потоками строительного комплекса. <i>А. В. Радкевич, И. А. Арутюнян</i>	4	145
Алгоритм определения оптимальных геометрических параметров составных элементов грузовых вагонов на основе обобщенных математических моделей. <i>А. В. Фомин</i>	6	140	Легкие бетоны с золой уноса Приднепровской ТЭС. <i>Н. И. Немеса, Д. В. Паланчук, А. Н. Немеса</i>	5	137
Математическое моделирование нестационарных тепловых процессов в пассажирском вагоне. <i>И. Ю. Хоменко</i>	6	147	Развитие высшей школы		
Транспортное строительство			Теоретико-методологические основы психологической и психофизической подготовки студентов в процессе физического воспитания. <i>В. В. Пичурин</i>	2	144
Эффективность применения химических добавок для изготовления железобетонных изделий. <i>В. В. Пристинская</i>	1	170	Развитие координационных способностей студенток специальной медицинской группы в процессе физического воспитания. <i>Е. Н. Доценко</i>	5	146
Городские железные дороги как объект повторной застройки. <i>А. В. Радкевич, В. Ф. Худенко, Д. А. Юрков</i>	1	177	Противостояние технократической и гуманистической систем ценностей. <i>М. И. Казакевич, И. И. Гузова</i>	6	156
Про некоторые аспекты взрывов в грунтах искусственных сооружений. <i>В. П. Бербушенко, О. В. Марущак</i>	2	129	Ресурсы открытого доступа как инструмент формирования научного рейтинга ученых. <i>О. В. Чернобай, О. Ю. Аксенова</i>	6	175
Исследование свойств современных теплоизоляционных материалов. <i>А. С. Щербак</i>	2	136			

SUBJECT INDEX TO THE JOURNAL “SCIENCE AND TRANSPORT PROGRESS. BULLETIN OF DNIPROPETROVSK NATIONAL UNIVERSITY OF RAILWAY TRANSPORT” FOR 2013

Science and Transport Progress

Transport progress as a pledge of national economy development.
S. V. Myamlin

1

7

Integration of Ukrainian industry scientific periodicals into world scientific information space: problems and solutions. *T. A. Kolesnykova*

6

7

Transport Automated Control Systems

Assessment of accident rate at Lithuanian railways level crossings.
G. A. Bureika, L. G. Liudvinavichius

1

13

Diagnostics of the wheel thread of railway rolling stock. *S. Yu. Buryak*

1

22

Synthesis of digital locomotive receiver of automatic locomotive signaling. *K. V. Goncharov*

1

30

Problematics of approaches to research of the use safety of ergatic control systems on railway transport.
O. Yu. Kamenyev

2

7

Reliability of fuzzy systems evaluation methodology using different types of vague sets. *A. A. Kosolapov*

2

17

Investigation of transient processes in tonal track circuits. *K. V. Goncharov*

4

7

Analysis of existing and prospective technical control systems of numeric codes automatic blocking.
A. M. Beznarytnyy, V. I. Gavriluk

5

7

Improving the stability of tonal track circuits under fluctuations of ballast resistance. *K. V. Honcharov*

6

23

Transport Ecology

CFD-model of the mass transfer in the vertical settler. *E. K. Nagornaya*

1

39

The losses from evaporations is the way for quality losses of fuels. *L. M. Cherniak*

1

51

Improvement of actions on emergency situations at transportation of dangerous freights by rail transport.
Ye. Ya. Kosenko, S. V. Kukhliv's'kyi, B. M. Bondarenko, I. I. Podzigun

2

28

Prediction of air pollution from motor transport on city streets and districts.

T. I. Rusakova

6

32

Economics and Management

The method of quality indicators evaluation for non-profit organizations activities. *V. D. Zelikman, O. Yu. Rubets*

1

56

Review of experience of major reform of railways of the world.

L. V. Martsenyuk

1

63

To the question of scientific justification of the interests on deposits and credit. *O. M. Pshinko, V. V. Myamlin, S. V. Myamlin*

1

82

Forming the organizational structure for activities. *Yu. S. Barash, L. V. Martsenyuk*

2

35

Resistance leveling to changes on railway enterprises under implementation of reforms.

E. N. Shyrokov

3

7

Estimation of external factors influence on the organizational and resource support of engineering. *Yu. V. Gusak*

5

16

Basic principles of transport tourism development in Ukraine.

L. V. Martsenyuk

5

24

Operational distribution of the train traffic volume on the sections of operating domain. *G. Ya. Mozolevich*

5

33

Technical approach to the efficiency determination of high-speed trains.

A. V. Momot

6

45

Operation and Repair of Transport Means

The optimization of retarding regimes within the particular group of cuts.

V. I. Bobrovskiy, A. S. Dorosh

1

103

Definition of method signal filtering irregularity crankshaft speed of diesel.

B. Ye. Bodnar, O. B. Ochkasov,

D. Ch. Chernyayev

1

113

Diagnosis of traction electric motor at irregularity in speed of anchor rotation. <i>B. Ye. Bodnar, A. B. Ochkasov, D. V. Chernyayev, Ya. I. Shevchenko</i>	3	13	Once again about determination of saving of energy for traction due to partial cut-off of traction engines of electric rolling stock. <i>G. K. Getman, V. Ye. Vasiliev</i>	5	47
Mathematical model for estimating of technical and technological indicators of railway stations operation. <i>D. M. Kozachenko</i>	3	22	Railway Track		
Problems of locomotive wheel wear in fleet replacement. <i>G. Vaychunas, G. Gelumbitskas, L. P. Lingaytis</i>	4	38	Comparative analysis of calculation models of railway subgrade. <i>V. D. Petrenko, D. O. Yampolskiy, I. O. Sviatko</i>	4	56
Object-oriented model of railway stations operation. <i>D. M. Kozachenko</i>	4	47	Use efficiency of dynamic stabilizer in the post-repair period of railways in Ukraine. <i>O. S. Chernyshova, M. I. Umanov, V. V. Kovalev, Y. S. Markov, O. V. Gubar</i>	4	63
Energy saving at operation of outdoor swimming pools. <i>V. F. Ivin, B. Ye. Bodnar</i>	5	40	Modeling of the track and rolling stock interaction. <i>N. V. Khalipova</i>	5	58
Definition of locomotive traction force with regard to uneven loading of wheel-motor block. <i>B. Ye. Bodnar, M. I. Kapitsa, D. N. Kyslyi</i>	6	63	Material Science		
Passenger flows prediction in major transportation hubs. <i>O. O. Ozerova</i>	6	72	Electric pulse treatment of rim wheel metal after operation. <i>L. I. Vakulenko, V. A. Sokyрко, Yu. L. Nadezhdin</i>	1	126
Electric Transport			Elucidation of mechanism wear carbon steel with structure of martensite. <i>I. A. Vakulenko</i>	2	76
Theoretical aspects and methods of parameters identification of the electric traction system devices. Method of cyclic current-voltage characteristics. <i>T. M. Mishchenko</i>	1	119	Adhesion strength of nickel and zinc coatings with copper base electroplated in conditions of external stimulation by laser irradiance. <i>V. V. Dudkina</i>	2	83
Free-piston engine-and-hydraulic pump for railway vehicles. <i>A. F. Golovchuk, K. V. Prikhodko</i>	2	49	Use prospect of the of athermic technologies of metal softening for rolling stock elements. <i>I. A. Vakulenko, S. V. Proydak, N. N. Grischenko</i>	3	36
Analysis methods of stochastic transient electro-magnetic processes in electric traction system. <i>T. M. Mishchenko</i>	2	56	Evaluation of quality indicators contacting the surface of the tribological system «wheel – rail». <i>A. J. Kulichenko, N. O. Kuzin, I. O. Vakulenko</i>	3	44
The method of the correlation and dispersion defining of the total power components in the electric transport devices. <i>A. V. Nikitenko, M. O. Kostin</i>	2	64	Increasing of founding properties of secondary aluminium alloys. <i>O. V. Lyutova</i>	3	53
Features of the high frequency power transformer calculation. <i>D. A. Zabarilo</i>	3	29	Influence of modification on descriptions of low-carbon steel of St1kp and wheeled KP-T. <i>S. O. Polishko, M. A. Kushnir, J. V. Tatarko, A. F. Sanin</i>	3	60
Dynamic running test results of diesel train 630M of production A. S. PESA (Poland). <i>E. P. Blohin, R. B. Granovskiy, E. M. Dzichkovskiy, A. E. Krivchikov, N. I. Granovskaya, A. Tsiyupa</i>	4	18	Use of complex modifiers for improvement of steel R7 quality. <i>J. V. Tatarko, M. A. Kushnir, I. A. Markova, T. I. Ivchenko</i>	3	67
Power quality complex estimation at alternating current traction substations. <i>D. O. Bosiy</i>	4	30			

Electric pulse treatment of welded joint of aluminum alloy. <i>I. A. Vakulenko, Yu. L. Nadezhdin, V. A. Sokirko, I. P. Volchok, A. A. Mitiaev</i>	4	73	Simulation and prediction of the process based on the general logistic mapping. <i>V. V. Skalozub, V. E. Belozarov, I. V. Klimenko, B. B. Belyy</i>	6	99
Fatigue damage accumulation of details in cars according to criterion of specific energy of total strain. <i>A. Ya. Kulichenko, N. O. Kuzin, L. I. Vakulenko</i>	4	83	Non-Traditional Transport Modes		
The investigation of influence of laser radiation on the structure and mechanical properties of composite electrolytic nickel coating. <i>V. A. Zabludovsky, V. V. Dudkina, E. Ph. Shtapenko</i>	5	70	Complex strength-constrained topology structural optimization problem statement for rolling stock and special equipment of railway. <i>B. M. Tovt</i>	5	79
Increasing of wear resistance of the graphitized steel. <i>I. V. Akimov</i>	6	81	Influence analysis of elastic deformations of the track cable on efforts in the hauling rope of aerial ropeway. <i>S. V. Raksha, Yu. K. Goryachev, A. S. Kuropyatnik</i>	6	110
The influence of pre-heat treatment on white cast irons plasticity. <i>T. M. Myronova</i>	6	88	Industrial Transport		
Transport and Economic Tasks Modeling			Theoretical and experimental evaluation of strength indices for traction reduction-gear housings of welded construction KEVRZ for electric trains ER2, ER9. <i>O. M. Bondarev, D. O. Yagoda, O. O. Bondarev, V. M. Skoblenko</i>	4	99
Economic and mathematical justification of train traffic volume distribution on the direction of rail transportation with parallel runnings Znamenska–Odessa. <i>N. A. Logvinova</i>	2	92	Hardness indices estimation of supporting structure elements of motor bogies of the electric train ED9M. <i>O. M. Bondarev, E. M. Dzichkovskyy, O. E. Kryvchykov, V. M. Skoblenko</i>	5	89
On the equivalence of safety criteria of the wheels derailment from the rails when using the directing or lateral force. <i>Ye. P. Blokhin, M. L. Korotenko, I. V. Klimenko</i>	3	74	Theoretical and experimental evaluation of strength indices of bogie frame transoms for trailing cars of electric trains ER9M, ER9E. <i>O. M. Bondarev, O. E. Kryvchykov, D. A. Yagoda, V. S. Bondareva, V. V. Ryadkovskiy</i>	6	120
Analysis of parameters change effect of weight flatness functions in boundary density and ash content on model stability of coal fractional composition description. <i>O. V. Grachyov</i>	3	82	Rolling Stock and Train Traction		
Automation of information decision support to improve e-learning resources quality. <i>A. L. Danchenko</i>	3	93	Tank head parameters assessment of influence on tank car boiler stress and strain state. <i>S. V. Bepalko, V. I. Bogachev</i>	1	133
Method of construction of rational corporate network using the simulation model. <i>V. N. Pakhomova</i>	3	103	Solution of the problems of system reliability by modeling the stress-strain state of rail track using the theory of elastic waves propagation. <i>I. O. Bondarenko, D. M. Kurgan</i>	1	139
Synthesis of optimal digital controller of flocculant dosing. <i>A. V. Pismenskiy</i>	3	111	Estimation of energy efficiency of non-tractive rolling stock. <i>A. N. Komarova, Yu. P. Boronenko</i>	1	149
To the question of modeling of wheels and rails wear processes. <i>L. A. Manashkin, S. V. Myamlin</i>	3	119	Influence assessment of the passive restraint system devices of the passenger locomotive on its dynamic loading during accident on the railroad. <i>N. Ye. Naumenko, I. Yu. Khizha</i>	1	154
Modified network simulation model with token method of bus access. <i>V. N. Pakhomova, L. V. Stribulevich</i>	4	90			

Determination of dynamic performance of freight cars taking into account technical condition of side bearers. <i>S. V. Myamlin, L. O. Neduzha, O. Ten, A. Shvets</i>	1	162	Dynamic sufficiency of the magnetically suspended train. <i>V. A. Polyakov, N. M. Khachapuridze</i>	6	132
Research of mechanical characteristics of Pb-Ca-Sn alloys and tapes for current leads in sealed lead-acid batteries (VRLA). <i>Yu. I. Kazacha, S. V. Shnurovoy, V. A. Ivanov, V. A. Dzenzerskiy, S. V. Burylov, V. Yu. Skosar</i>	2	99	Determination algorithm of optimal geometrical parameters for components of freight cars on the basis of generalized mathematical models. <i>O. V. Fomin</i>	6	140
Optimization of bearing structure of ballast leveling machine SPZ-5/UA. <i>S. A. Kostriysya, B. M. Tovt</i>	2	106	Mathematical modeling of unsteady heat exchange in a passenger car. <i>I. Yu. Khomenko</i>	6	147
Development of dynamic models of wagons on models 18-9810 and 18-9855 bogies taking into account wheel wear research. <i>A. V. Saidova, A. M. Orlova</i>	2	118	Transport Construction		
Method of construction spatial transition curve. <i>S. A. Ustenko, S. V. Didanov</i>	2	124	The efficiency of the use of chemical additives for manufacture of concrete products. <i>V. V. Pristinskaya</i>	1	170
Evaluation of longitudinal loading of tank trains during motion in longitudinal changes of gradient. <i>S. V. Myamlin, Ya. N. Romanyuk</i>	3	125	Urban railways as an object of redevelopment. <i>A. V. Radkevich, V. F. Hudenko, D. A. Yurkov</i>	1	177
The influence of high-frequency vibrations on derailment stability coefficient of cars at wheel flange climbing on the rail. <i>N. V. Bezrukavyy</i>	4	111	About some aspects of explosion in the soils of artificial structures. <i>V. P. Berbushenko, O. V. Marushyak</i>	2	129
Dynamic performance of freight cars on bogies model 18-1711. <i>V. M. Bubnov, S. V. Myamlin, N. B. Mankevych</i>	4	118	Research of properties of modern heat-insulation materials. <i>A. S. Shcherbak</i>	2	136
Double layer air current during the high speed train flow-around. <i>R. Sh. Isanov</i>	4	127	Innovative approaches to organization and management of material streams of building complex. <i>A. V. Radkevich, I. A. Arutyunyan</i>	4	145
Calculated disturbances for evaluation of dynamical properties of freight cars. <i>V. F. Ushkalov, L. G. Lapina, I. A. Mashchenko</i>	4	135	Lightweight concretes with fly-ash of Pridniprovsk thermal power station. <i>M. I. Netesa, D. V. Palanchuk, A. M. Netesa</i>	5	137
The field test results of geometric-force method for track state estimation. <i>V. S. Kossov, A. L. Bidulya, O. G. Krasnov, M. G. Akashev</i>	5	97	High School Development		
Methods of integrated optimization maglev transport systems. <i>A. Lasher, M. Umanov, Ye. Frishman, Ye. Prishedko</i>	5	105	Theoretical and methodological bases of psychological and psychophysical training of students in the process of physical education. <i>V. V. Pichurin</i>	2	144
Design improvement of the locomotive running gears. <i>S. V. Myamlin, L. O. Neduzha</i>	5	124	Development of coordination abilities of special medical groups students in physical education process. <i>E. N. Dotsenko</i>	5	146
			Contradiction between technocratic and humanistic systems of values. <i>M. I. Kazakevich, I. I. Guzova</i>	6	156
			Resources of open access as a tool for formation of scientific rating of scientists. <i>O. V. Chernobay, O. Yu. Aksenova</i>	6	175

ЗМІСТ

НАУКА ТА ПРОГРЕС ТРАНСПОРТУ

Т. О. КОЛЕСНИКОВА

ІНТЕГРАЦІЯ УКРАЇНСЬКОЇ ГАЛУЗЕВОЇ НАУКОВОЇ ПЕРІОДИКИ У СВІТОВИЙ

НАУКОВО-ІНФОРМАЦІЙНИЙ ПРОСТІР: ПРОБЛЕМИ ТА РІШЕННЯ7

АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ НА ТРАНСПОРТІ

К. В. ГОНЧАРОВ

ПІДВИЩЕННЯ СТІЙКОСТІ ТОНАЛЬНИХ РЕЙКОВИХ КІЛ В УМОВАХ ФЛУКТУАЦІЙ ОПОРУ БАЛАСТУ23

ЕКОЛОГІЯ НА ТРАНСПОРТІ

Т. І. РУСАКОВА

ПРОГНОЗУВАННЯ ЗАБРУДНЕННЯ ПОВІТРЯНОГО СЕРЕДОВИЩА ВІД АВТОТРАНСПОРТУ

НА ВУЛИЦЯХ ТА В МІКРОРАЙОНАХ МІСТА32

ЕКОНОМІКА ТА УПРАВЛІННЯ

А. В. МОМОТ

МЕТОДИЧНІ ПІДХОДИ ДО ВИЗНАЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ КУРСУВАННЯ ШВИДКІСНИХ

ТА ВИСОКОШВИДКІСНИХ ПОЇЗДІВ45

ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ

Б. Є. БОДНАР, М. І. КАПІЦА, Д. М. КИСЛИЙ

ВИЗНАЧЕННЯ СИЛИ ТЯГИ ЛОКОМОТИВА З УРАХУВАННЯМ НЕРІВНОМІРНОСТІ

НАВАНТАЖЕННЯ КОЛІСНО-МОТОРНИХ БЛОКІВ63

О. О. ОЗЕРОВА

ПРОГНОЗУВАННЯ ПАСАЖИРСЬКИХ ПОТОКІВ У ВЕЛИКИХ ТРАНСПОРТНИХ ВУЗЛАХ72

МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО

І. В. АКІМОВ

ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ ГРАФІТИЗОВАНОЇ СТАЛІ81

Т. М. МИРОНОВА

ВПЛИВ ПОПЕРЕДНЬОЇ ТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКИ НА ПЛАСТИЧНІСТЬ БІЛИХ ЧАВУНІВ88

МОДЕЛЮВАННЯ ЗАДАЧ ТРАНСПОРТУ ТА ЕКОНОМІКИ

В. В. СКАЛОЗУБ, В. Є. БЕЛОЗЬОРОВ, І. В. КЛІМЕНКО, Б. Б. БІЛИЙ

МОДЕЛЮВАННЯ Й ПРОГНОЗУВАННЯ ПРОЦЕСІВ НА ОСНОВІ УЗАГАЛЬНЕНОГО

ЛОГІСТИЧНОГО ВІДОБРАЖЕННЯ99

НЕТРАДИЦІЙНІ ВИДИ ТРАНСПОРТУ

С. В. РАКША, Ю. К. ГОРЯЧЕВ, О. С. КУРОП'ЯТНИК

АНАЛІЗ ВПЛИВУ ПРУЖНИХ ДЕФОРМАЦІЙ НЕСУЧОГО КАНАТА НА ЗУСИЛЛЯ В ТЯГОВОМУ

КАНАТІ ПІДВІСНОЇ ДОРОГИ110

ПРОМИСЛОВИЙ ТРАНСПОРТ

О. М. БОНДАРЄВ, О. Є. КРИВЧИКОВ, Д. О. ЯГОДА, В. С. БОНДАРЄВА, В. В. РЯДКОВСЬКИЙ

ТЕОРЕТИЧНО-ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ОЦІНКА ПОКАЗНИКІВ МІЦНОСТІ СЕРЕДНІХ ПОПЕРЕЧНИХ

БАЛОК РАМ ВІЗКІВ ПРИЧІПНИХ ВАГОНІВ ЕЛЕКТРОПОЇЗДІВ ЕР9М, ЕР9Е120

РУХОМИЙ СКЛАД ЗАЛІЗНИЦЬ І ТЯГА ПОЇЗДІВ

В. О. ПОЛЯКОВ, М. М. ХАЧАПУРІДЗЕ

ДИНАМІЧНА ДОСТАТНІСТЬ МАГНІТОЛЕВІТУЮЧОГО ПОЇЗДА132

О. В. ФОМІН

АЛГОРИТМ ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ СКЛАДОВИХ
ЕЛЕМЕНТІВ ВАНТАЖНИХ ВАГОНІВ НА ОСНОВІ УЗАГАЛЬНЕНИХ МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ 140

І. Ю. ХОМЕНКО

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ НЕСТАЦІОНАРНИХ ТЕПЛОВИХ ПРОЦЕСІВ У ПАСАЖИРСЬКОМУ
ВАГОНІ 147

РОЗВИТОК ВИЩОЇ ШКОЛИ

М. І. КАЗАКЄВИЧ, І. І. ГУЗОВА

ПРОТИСТОЯННЯ ТЕХНОКРАТИЧНОЇ ТА ГУМАНІСТИЧНОЇ СИСТЕМ ЦІННОСТЕЙ 156

О. В. ЧОРНОБАЙ, О. Ю. АКСЬОНОВА

РЕСУРСИ ВІДКРИТОГО ДОСТУПУ ЯК ІНСТРУМЕНТ ФОРМУВАННЯ НАУКОВОГО РЕЙТИНГУ ВЧЕНИХ 168

**ТЕМАТИЧНИЙ ПОКАЖЧИК ЖУРНАЛУ «НАУКА ТА ПРОГРЕС ТРАНСПОРТУ.
ВІСНИК ДНІПРОПЕТРОВСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ ЗАЛІЗНИЧНОГО
ТРАНСПОРТУ» ЗА 2013 РІК**

..... 175

СОДЕРЖАНИЕ

НАУКА И ПРОГРЕСС ТРАНСПОРТА

Т. А. КОЛЕСНИКОВА

ИНТЕГРАЦИЯ УКРАИНСКОЙ ОТРАСЛЕВОЙ НАУЧНОЙ ПЕРИОДИКИ В МИРОВОЕ
НАУЧНО-ИНФОРМАЦИОННОЕ ПРОСТРАНСТВО: ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ7

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ НА ТРАНСПОРТЕ

К. В. ГОНЧАРОВ

ПОВЫШЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ТОНАЛЬНЫХ РЕЛЬСОВЫХ ЦЕПЕЙ В УСЛОВИЯХ
ФЛУКТУАЦИЙ СОПРОТИВЛЕНИЯ БАЛЛАСТА23

ЭКОЛОГИЯ НА ТРАНСПОРТЕ

Т. И. РУСАКОВА

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ ОТ АВТОТРАНСПОРТА
НА УЛИЦАХ И В МИКРОРАЙОНАХ ГОРОДА32

ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ

А. В. МОМОТ

МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ЭФФЕКТИВНОСТИ КУРСИРОВАНИЯ
СКОРОСТНЫХ И ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ ПОЕЗДОВ45

ЭКСПЛУАТАЦИЯ И РЕМОНТ СРЕДСТВ ТРАНСПОРТА

Б. Е. БОДНАР, М. И. КАПИЦА, Д. Н. КИСЛЫЙ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СИЛЫ ТЯГИ ЛОКОМОТИВА С УЧЕТОМ НЕРАВНОМЕРНОСТИ НАГРУЗКИ
КОЛЕСНО-МОТОРНЫХ БЛОКОВ63

О. А. ОЗЕРОВА

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПАССАЖИРСКИХ ПОТОКОВ В КРУПНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ УЗЛАХ72

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

И. В. АКИМОВ

ПОВЫШЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ГРАФИТИЗИРОВАННОЙ СТАЛИ81

Т. М. МИРОНОВА

ВЛИЯНИЕ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА ПЛАСТИЧНОСТЬ БЕЛЫХ ЧУГУНОВ88

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАДАЧ ТРАНСПОРТА И ЭКОНОМИКИ

В. В. СКАЛОЗУБ, В. Е. БЕЛОЗЁРОВ, И. В. КЛИМЕНКО, Б. Б. БЕЛЫЙ

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ НА ОСНОВЕ ОБОБЩЕННОГО
ЛОГИСТИЧЕСКОГО ОТОБРАЖЕНИЯ99

НЕТРАДИЦИОННЫЕ ВИДЫ ТРАНСПОРТА

С. В. РАКША, Ю. К. ГОРЯЧЕВ, А. С. КУРОПЯТНИК

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ УПРУГИХ ДЕФОРМАЦИЙ НЕСУЩЕГО КАНАТА НА УСИЛИЯ В ТЯГОВОМ
КАНАТЕ ПОДВЕСНОЙ ДОРОГИ110

ПРОМЫШЛЕННЫЙ ТРАНСПОРТ

А. М. БОНДАРЕВ, А. Е. КРИВЧИКОВ, Д. А. ЯГОДА, В. С. БОНДАРЕВА, В. В. РЯДКОВСКИЙ

ТЕОРЕТИКО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРОЧНОСТИ СРЕДНИХ
ПОПЕРЕЧНЫХ БАЛОК РАМ ТЕЛЕЖЕК ПРИЦЕПНЫХ ВАГОНОВ ЭЛЕКТРОПОЕЗДОВ ЕР9М, ЕР9Е120

ПОДВИЖНОЙ СОСТАВ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ И ТЯГА ПОЕЗДОВ

В. А. ПОЛЯКОВ, Н. М. ХАЧАПУРИДЗЕ

ДИНАМИЧЕСКАЯ ДОСТАТОЧНОСТЬ МАГНИТОЛЕВИТИРУЮЩЕГО ПОЕЗДА132

А. В. ФОМИН

АЛГОРИТМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПТИМАЛЬНЫХ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ СОСТАВНЫХ
ЭЛЕМЕНТОВ ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ НА ОСНОВЕ ОБОБЩЕННЫХ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ..... 140

И. Ю. ХОМЕНКО

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕСТАЦИОНАРНЫХ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ
В ПАССАЖИРСКОМ ВАГОНЕ..... 147

РАЗВИТИЕ ВЫСШЕЙ ШКОЛЫ

М. И. КАЗАКЕВИЧ, И. И. ГУЗОВА

ПРОТИВОСТОЯНИЕ ТЕХНОКРАТИЧЕСКОЙ И ГУМАНИСТИЧЕСКОЙ СИСТЕМ ЦЕННОСТЕЙ..... 156

О. В. ЧЕРНОБАЙ, О. Ю. АКСЕНОВА

РЕСУРСЫ ОТКРЫТОГО ДОСТУПА КАК ИНСТРУМЕНТ ФОРМИРОВАНИЯ НАУЧНОГО РЕЙТИНГА 168
УЧЕНЫХ

ТЕМАТИЧЕСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ ЖУРНАЛА «НАУКА И ПРОГРЕСС ТРАНСПОРТА.

ВЕСТНИК ДНЕПРОПЕТРОВСКОГО НАЦИОНАЛЬНОГО УНИВЕРСИТЕТА

ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА» ЗА 2013 ГОД 180

CONTENTS

SCIENCE AND TRANSPORT PROGRESS

T. A. KOLESNYKOVA

INTEGRATION OF UKRAINIAN INDUSTRY SCIENTIFIC PERIODICALS INTO WORLD SCIENTIFIC
INFORMATION SPACE: PROBLEMS AND SOLUTIONS7

TRANSPORT AUTOMATED CONTROL SYSTEMS

K. V. HONCHAROV

IMPROVING THE STABILITY OF TONAL TRACK CIRCUITS UNDER FLUCTUATIONS OF BALLAST
RESISTANCE.....23

TRANSPORT ECOLOGY

T. I. RUSAKOVA

PREDICTION OF AIR POLLUTION FROM MOTOR TRANSPORT ON CITY STREETS AND DISTRICTS.....32

ECONOMICS AND MANAGEMENT

A. V. MOMOT

TECHNICAL APPROACH TO THE EFFICIENCY DETERMINATION OF HIGH-SPEED TRAINS45

OPERATION AND REPAIR OF TRANSPORT MEANS

B. YE. BODNAR, M. I. KAPITSA, D. N. KYSLIY

DEFINITION OF LOCOMOTIVE TRACTION FORCE WITH REGARD TO UNEVEN LOADING
OF WHEEL-MOTOR BLOCK.....63

O. O. OZEROVA

PASSENGER FLOWS PREDICTION IN MAJOR TRANSPORTATION HUBS.....72

MATERIAL SCIENCE

I. V. AKIMOV

INCREASING OF WEAR RESISTANCE OF THE GRAPHITIZED STEEL.....81

T. M. MYRONOVA

THE INFLUENCE OF PRE-HEAT TREATMENT ON WHITE CAST IRONS PLASTICITY88

TRANSPORT AND ECONOMIC TASKS MODELING

V. V. SKALOZUB, V. E. BELOZEROV, I. V. KLIMENKO, B. B. BELYI

SIMULATION AND PREDICTION OF THE PROCESS BASED ON THE GENERAL LOGISTIC MAPPING.....99

NON-TRADITIONAL TRANSPORT MODES

S. V. RAKSHA, YU. K. GORYACHEV, A. S. KUROPYATNIK

INFLUENCE ANALYSIS OF ELASTIC DEFORMATIONS OF THE TRACK CABLE ON EFFORTS
IN THE HAULING ROPE OF AERIAL ROPEWAY110

INDUSTRIAL TRANSPORT

O. M. BONDAREV, O. E. KRYVCHYKOV, D. A. YAGODA, V. S. BONDAREVA, V. V. RYADKOVSKIY

THEORETICAL AND EXPERIMENTAL EVALUATION OF STRENGTH INDICES OF BOGIE FRAME
TRANSOMS FOR TRAILING CARS OF ELECTRIC TRAINS ER9M, ER9E120

ROLLING STOCK AND TRAIN TRACTION

V. A. POLYAKOV, N. M. KHACHAPURIDZE

DYNAMIC SUFFICIENCY OF THE MAGNETICALLY SUSPENDED TRAIN132

O. V. FOMIN DETERMINATION ALGORITHM OF OPTIMAL GEOMETRICAL PARAMETERS FOR COMPONENTS OF FREIGHT CARS ON THE BASIS OF GENERALIZED MATHEMATICAL MODELS	140
I. YU. KHOMENKO MATHEMATICAL MODELING OF UNSTEADY HEAT EXCHANGE IN A PASSENGER CAR	147
 <i>HIGH SCHOOL DEVELOPMENT</i>	
M. I. KAZAKEVICH, I. I. GUZOVA CONTRADICTION BETWEEN TECHNOCRATIC AND HUMANISTIC SYSTEMS OF VALUES	156
O. V. CHERNOBAY, O. YU. AKSENOVA RESOURCES OF OPEN ACCESS AS A TOOL FOR FORMATION OF SCIENTIFIC RATING OF SCIENTISTS	168
SUBJECT INDEX TO THE JOURNAL “SCIENCE AND TRANSPORT PROGRESS. BULLETIN OF DNIPROPETROVSK NATIONAL UNIVERSITY OF RAILWAY TRANSPORT” FOR 2013	185

ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ СТАТЕЙ

До публікації в журналі приймаються статті українською, російською або англійською мовами проблемного, узагальнюючого, методичного характеру, оригінальні наукові, практичні дослідження, які раніше ніде не видавалися.

Матеріали необхідно надавати в друкованому та електронному вигляді у програмі Microsoft Word 2003 або більш ранній версії – файли *.doc (файли *.docx, *.dost не приймаються).

Наукова стаття повинна відповідати вимогам п. 3 Постанови ВАК України № 7-05/1 від 15.01.2003 року.

Матеріали рецензуються членами редакційної колегії збірника та сторонніми незалежними експертами, виходячи з принципу об'єктивності та з позицій вищих міжнародних академічних стандартів якості, та редагуються. Редакція залишає за собою право на стилістичну правку рукопису.

Вимоги щодо обсягу наукових статей, повідомлень, відгуків та рецензій:

- оглядові та проблемні статті – до 45 000 знаків з пробілами (7–10 с.);
- загальні статті за рубриками видання – до 30 000 знаків з пробілами (5–7 с.);
- наукове повідомлення – до 8 000 знаків з пробілами (до 2,5 с.);
- відгук або рецензія – до 6 000 знаків з пробілами (до 2 с.).

Матеріал надається у форматі А4, враховуючи таблиці, ілюстрації, список використаних джерел. Статті, більші за обсягом, можуть бути прийняті до розгляду на підставі рішення редколегії.

Увага! Журнал готується до експертизи в наукометричній базі даних SciVerse Scopus. Із цим фактом пов'язаний ряд необхідних вимог, а саме: наявність авторських розширених і структурованих резюме (рефератів – abstracts), у т.ч. англійською мовою, рецензій, пристатейних списків літератури в романському алфавіті тощо.

Рекомендуємо скористатися правилами до оформлення статей журналу:
<http://library.diit.edu.ua/HTMLs/scientists/Vumogu/Vumogu.pdf>.

Для здачі статті до друку автору/авторам необхідно:

1. Для електронної інформації сформувати всі матеріали в п'яти файлах:

- **Перший** – із текстом статті та анотацій з ключовими словами. Назва файлу – прізвище та ініціали автора (першого співавтора) латинськими літерами, наприклад: Ivanov_II_stattia.doc.
- **Другий** – з розширеними відомостями про автора/авторів (прізвище, ім'я, по батькові; посада; науковий ступінь; учене звання; місце роботи або навчання; адреса електронної пошти; номери контактних телефонів). Назва файлу – Ivanov_II_vidomosti.doc.
- **Третій** – рецензія (відсканована). Назва файлу – Ivanov_II_recenziia.jpg.
- **Четвертий** – Експертний висновок (відсканований, складається у вільній формі). Назва файлу – Ivanov_II_vysnovok.jpg.
- **П'ятий** – Ліцензійний договір (відсканований). Назва файлу – Ivanov_II_dogovir.jpg. Текст договору: <http://library.diit.edu.ua/HTMLs/scientists/Vumogu/license.doc>.

2. Для друкованої інформації. До редакції надаються особисто або надсилаються поштою такі матеріали: 1) два друкованих примірники рукопису з підписами всіх співавторів на останньому аркуші роботи; 2) оригінал Ліцензійного договору з підписами всіх співавторів; 3) оригінал експертного висновку; 4) рекомендація до друку за підписом відповідального редактора розділу (для співробітників ДНУЗТ).

Відповідальність за зміст статті, правильність, точність і коректність цитування, посилань та перекладу покладається на авторів.

Остаточне рішення щодо публікації ухвалює редакційна колегія журналу.

Статті, відхилені редакційною колегією, повертаються авторам для доопрацювання.

Шановні автори, запрошуємо до співробітництва!

З питань опублікування звертайтеся до редакції журналу за адресою:

Науково-технічна бібліотека (ауд. 166),
 Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна,
 вул. Лазаряна, 2,
 м. Дніпропетровськ,
 Україна,
 49010
 e-mail: visnik@diit.edu.ua
 Адреса сайту журналу: <http://stp.diit.edu.ua/>

З питань придбання примірників журналу телефонуйте за номером (056) 776 90 59 Миргородська А. І.



Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна

Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна веде підготовку докторантів та аспірантів за рахунок коштів Державного бюджету України – за державним замовленням – за такими спеціальностями:

ДОКТОРАНТУРА

№	Спеціальність	Шифр
1	Теоретичні основи інформатики та кібернетики	01.05.01
2	Управління проектами і програмами	05.13.22
3	Залізнична колія	05.22.06
4	Рухомий склад залізниць і тяга поїздів	05.22.07
5	Електротранспорт	05.22.09
6	Експлуатація та ремонт засобів транспорту	05.22.20
7	Будівельні конструкції, будівлі та споруди	05.23.01
8	Будівельні матеріали та вироби	05.23.05

На підставі угод, що укладаються з докторантом і керівником вищого навчального закладу, до докторантури приймаються громадяни України, кандидати наук, що мають наукові досягнення в обраній галузі.

Строк навчання 3 роки.

Вступники до докторантури подають:

- заяву на ім'я ректора,
- копію першої сторінки паспорта,
- особистий листок з обліку кадрів з фотокарткою, який засвідчено відділом кадрів за місцем основної роботи,
- витяг з трудової книжки,
- довідку з бухгалтерії про заробітну платню,
- засвідчену копію диплома про закінчення вищого навчального закладу із зазначенням одержаної кваліфікації спеціаліста,
- копію диплома кандидата наук,
- копію атестата доцента, с.н.с. за їх наявності,
- розгорнутий план докторської дисертації,
- список опублікованих наукових праць та винаходів,
- медичну довідку про стан здоров'я за формою № 286-у,
- ідентифікаційний код,
- одну фотокартку розміром 3х4.

АСПІРАНТУРА

№	Спеціальність	Шифр
1	Фізика твердого тіла	01.04.07
2	Теоретичні основи інформатики та кібернетики	01.05.01
3	Математичне моделювання та обчислювальні методи	01.05.02
4	Неорганічна хімія	02.00.01
5	Управління проектами і програмами	05.13.22
6	Технічна теплофізика та промислова теплоенергетика	05.14.06
7	Залізнична колія	05.22.06
8	Рухомий склад залізниць і тяга поїздів	05.22.07
9	Електротранспорт	05.22.09
10	Експлуатація та ремонт засобів транспорту	05.22.20
11	Основи і фундаменти	05.23.02
12	Будівельні конструкції, будівлі та споруди	05.23.01
13	Будівельні матеріали та вироби	05.23.05
14	Технологія та організація промислового та цивільного будівництва	05.23.08
15	Економіка та управління підприємствами (за видами економічної діяльності)	08.00.04
16	Історія філософії	09.00.05
17	Екологічна безпека	21.06.01

На підставі угод, що укладаються з аспірантом і керівником вищого навчального закладу, до аспірантури приймаються громадяни України, які мають вищу освіту і кваліфікацію спеціаліста.

Строк навчання в аспірантурі з відривом від виробництва – 3 роки, без відриву від виробництва – 4 роки.

Особи, допущені до вступних іспитів у аспірантуру, складають три іспити за програмою вищого навчального закладу:

- спеціальну дисципліну,
- філософію,
- іноземну мову.

За консультаціями звертатися на відповідні кафедри університету.

Особи, що вступають до аспірантури, подають:

- заяву на ім'я ректора,
- письмовий висновок передбачуваного наукового керівника про можливість навчання в аспірантурі,
- рекомендацію вченої ради вищого навчального закладу до вступу в аспірантуру (для випускників поточного року),
- копію першої сторінки паспорта,
- особистий листок з обліку кадрів з фотокарткою, який засвідчено відділом кадрів за місцем основної роботи,
- витяг з трудової книжки,
- довідку про заробітну платню,
- засвідчену копію диплома про закінчення вищого навчального закладу,
- посвідчення про складання кандидатських іспитів (за їх наявності),
- список опублікованих наукових праць та винаходів або реферат з обраної наукової спеціальності з рецензією передбачуваного наукового керівника,
- медичну довідку про стан здоров'я за формою № 286-у,
- ідентифікаційний код,
- одну фотокартку розміром 3×4.

Прийом документів до докторантури та аспірантури з 01.09 по 30.09 щорічно.

Вступні іспити до аспірантури з 10.10 по 30.10 щорічно.

Початок занять з 01.12 щорічно.

За інформацією звертатися:

Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту,
вул. Лазаряна, 2,
м. Дніпропетровськ,
Україна,
49010.

Тел. : (056) 373-15-44 – ректор, проф. Пшінько Олександр Миколайович, приймальня;

(056) 373-15-29 – проректор з наукової роботи, проф. Мямлін Сергій Віталійович;

(056) 373-15-63 – завідувача аспірантурою та докторантурою Лахнова Ірина Анатоліївна, кімн. 320).

Інформація про спеціалізовані вчені ради університету

В університеті працює три спеціалізовані вчені ради із захисту докторських та кандидатських дисертацій за спеціальностями:

- Д 08.820.01 – залізнична колія (05.22.06) та електротранспорт (05.22.09); 05.22.12 – промисловий транспорт.

- Д08.820.02 – рухомий склад залізниць та тяга поїздів (05.22.07) і експлуатація та ремонт засобів транспорту (05.22.20); транспортні системи (05.22.01);

- К08.820.03 – економіка та управління підприємствами (за видами економічної діяльності).

Наукове видання

**НАУКА ТА ПРОГРЕС ТРАНСПОРТУ.
ВІСНИК ДНІПРОПЕТРОВСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ ІМЕНІ АКАДЕМІКА В. ЛАЗАРЯНА**

№ 6 (48) 2013

(українською, російською та англійською мовами)

Відповідальний за випуск – Т. О. Колесникова

Комп'ютерне верстання – Ю. С. Марков

Літературна обробка – О. О. Котова, О. М. Врублевська

Формат 60×84¹/₈. Ум. друк. арк. 23,02. Тираж 300 пр. Зам. № ____.

**Видавництво Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту
імені академіка В. Лазаряна**

Адреса редакції, видавця:

вул. Лазаряна, 2, кім. 267, м. Дніпропетровськ, 49010, Україна

Тел.: +38 (056) 371-51-05

E-mail: lib@b.diit.edu.ua, visnik@diit.edu.ua

Адреса дільниці оперативної поліграфії:

вул. Лазаряна, 2, кім. 1201, м. Дніпропетровськ, 49010, Україна

Тел.: +38 (056) 47-19-66, *факс:* +38 (056) 47-19-83



Научное издание

**НАУКА ТА ПРОГРЕС ТРАНСПОРТУ. ВІСНИК ДНІПРОПЕТРОВСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО
УНІВЕРСИТЕТУ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ ІМЕНІ АКАДЕМІКА В. ЛАЗАРЯНА**

**(НАУКА И ПРОГРЕСС ТРАНСПОРТА. ВЕСТНИК ДНЕПРОПЕТРОВСКОГО НАЦИОНАЛЬНОГО
УНИВЕРСИТЕТА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА ИМЕНИ АКАДЕМИКА В. ЛАЗАРЯНА)**

№ 6 (48) 2013

(на украинском, русском и английском языках)

Ответственный за выпуск – Т. А. Колесникова

Компьютерная верстка – Ю. С. Марков

Литературная обработка – О. А. Котова, О. М. Врублевская

Формат 60×84¹/₈. Ус. печат. лист. 23,02. Тираж 300 экз. Зам. № ____.

**Издательство Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта
имени академика В. Лазаряна**

Адрес редакции, издателя:

ул. Лазаряна, 2, ком. 267, г. Днепропетровск, 49010, Украина

Тел.: +38 (056) 371-51-05

E-mail: lib@b.diit.edu.ua, visnik@diit.edu.ua

Адрес участка оперативной полиграфии:

ул. Лазаряна, 2, ком. 1201, г. Днепропетровск, 49010, Украина

Тел.: +38 (056) 47-19-66, *факс:* +38 (056) 47-19-83



Scientific Edition

**NAUKA TA PROGRES TRANSPORTU. VİSNIK DNİPROPETROVS'KOGO NACİONAL'NOGO
UNİVERSİTETU ZALİZNIČNOGO TRANSPORTU**

**(SCIENCE AND TRANSPORT PROGRESS.BULLETIN OF DNIPROPETROVSK NATIONAL
UNIVERSITY OF RAILWAY TRANSPORT NAMED AFTER ACADEMICIAN V. LAZARYAN)**

No. 6 (48) 2013

(in Ukrainian, Russian and English languages)

Responsible for issue – Т. О. Kolesnikova

Computer makeup – Yu. S. Markov

Redaction – О. О. Kotova, О. М. Vrublevska

Format 60×84¹/₈. Conventional printed sheet 23,02. Circulation 300. Order no. ____.

Publication of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan

Address of editor and editorial office

Lazaryan St., 2, r. 267, Dnipropetrovsk, 49010, Ukraine

Тел.: +38 (056) 371-51-05

E-mail: lib@b.diit.edu.ua, visnik@diit.edu.ua

Address of small offset printing office

Lazaryan St., 2, r. 1201, Dnipropetrovsk, 49010, Ukraine

Тел.: +38 (056) 47-19-66, *Fax:* +38 (056) 47-19-83



СУЧАСНІ ЗАКЛАДИ ОСВІТИ - 2013
Четверта Міжнародна виставка

CERTIFICATE

якості наукових публікацій
УДОСТОЄНИЙ

Дніпропетровський національний університет
залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна

Міністерство освіти і науки,
молоді та спорту України

Міністр



Д. Табачник

Рішення
показники наукометричної
базисних Scopus
за 2012 рік

Національна академія
педагогічних наук України

Президент



В. Кремень

Асоціація користувачів
Української науково-освітньої
телекомунікаційної мережі «Уран»

Голова Ради



Ю. Якименко

Україна, м. Київ

