



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



НАУКА ТА ПРОГРЕС ТРАНСПОРТУ

ВІСНИК ДНІПРОПЕТРОВСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО
УНІВЕРСИТЕТУ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ
ІМЕНІ АКАДЕМІКА В. ЛАЗАРЯНА

1(43)

.. 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

1 (43) 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

Пішінко О. М., доктор технічних наук

ГОЛОВНИЙ РЕДАКТОР ЖУРНАЛУ

Мямлин С. В., доктор технічних наук

ЗАСТУПНИК ГОЛОВНОГО РЕДАКТОРА

Козаченко Д. М., доктор технічних наук

ВІДПОВІДАЛЬНИЙ СЕКРЕТАР

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., Гаврилюк В. І., Гетьман Г. К., Главацький К. Ц., Головова Л. С., Гончаров К. В., Горобець В. Л., Дорогань Т. Є., Доценко О. М., Жуковицький І. В., Заблудовський В. О., Каламбет С. В., Капица М. І., Ковтун В. В., Копитко В. І., Костін М. О., Кравець В. В., Краснюк А. В., Кривчик Г. Г., Кузнецов В. Г., Купцова Т. А., Курган М. Б., Муха А. М., Мухіна Н. А., Настечик М. П., Нетеса М. 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); Лінгайтис Л. П. (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); Стележецькі 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).

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. – «Труди Дніпропетровського інститута інженерів залізничного транспорту»;
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

1 (43) 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., Габринцев В. А., Гаврилюк В. И., Гетьман Г. К., Главацкий К. Ц., Головкова Л. С., Гончаров К. В., Горобець 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., Кравець В. В., Краснюк А. В., Кривчик Г. Г., Кузнецов В. Г., Купцова Т. А., Курган Н. Б., Муха А. М., Мухина Н. А., Настечик М. П., Нетеса Н. И., Очкасов А. Б., Петренко В. Д., Пичугов С. А., Пичурин В. В., Покотилов 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., Ярышкина 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); Лингайтис Л. П. (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); Стележецки 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 постановлениями президиума ВАК Украины № 1-05/6 от 16.12.2009 г. (технические науки) и № 1-05/2 от 10.03.2010 г. (экономические науки).

Издатель

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

Адрес учредителя

ул. Лазаряна, 2, ком. 267, Днепропетровск, Украина, 49010
тел.: (056) 371-51-05, 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»;
з 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

1 (43) 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	Pshinko O. M., Doctor of Technical Sciences
Editor-in-Chief	Myamlin S. V., Doctor of Technical Sciences
Deputy Chief Editor	Kozachenko D. M., Doctor of Technical Sciences
Executive Secretary	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., Gabryniec 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., Kuptsova T. A., Kurgan M. B., Kuznetsov V. G., Mukhina A. M., Mukhina N. A., Nastechik N. P., Netesa N. I., Ochkasov O. B., 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); Doležel I. (Academy of Sciences, Czech Republic); Gusev B. (Moscow State University of Railway Engineering, Russian Federation); Kazakevich M. (Federal Republic of Germany); Lingaitis L. P. (Vilnius Gediminas Technical University, Lithuania); 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).
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	Str. 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»;
 з 2013 – «Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна»

НАУКА ТА ПРОГРЕС ТРАНСПОРТУ

УДК 656.078:330.342.3(477)

С. В. МЯМЛИН*

* Доктор технических наук, профессор, проректор по научной работе, Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, 49010, Днепропетровск, Украина, тел. +38 (056)776 84 98, эл. почта sergeymyamin@gmail.com

ПРОГРЕСС ТРАНСПОРТА – ЗАЛОГ РАЗВИТИЯ НАЦИОНАЛЬНОЙ ЭКОНОМИКИ

Цель. Определить влияние развития транспортной отрасли путем осуществления государственного заказа на подвижной состав и инфраструктурные проекты на основные отрасли экономики. **Методика.** На основе контент- и ситуационного анализов исследовано влияние развития отдельных отраслей науки на совершенствование транспортных средств. Отмечается роль инженерного подхода не только при решении задач по преодолению устоявшихся технологий и созданию новых конструкций, но и при решении экономических задач, причем на национальном уровне. **Результаты.** Рассмотрено влияние развития транспорта на совершенствование национальной экономики, при этом прослеживается активная роль научно-технического прогресса в транспортной отрасли. Рассмотрены действенные инструменты повышения эффективности национальной экономики, одним из которых является государственный заказ на продукцию основных отраслей промышленности. В том числе учитываются все составляющие производственного процесса по поставке на производство инновационного подвижного состава железных дорог, включая результаты работы научных, проектных и производственных организаций. **Практическая значимость.** Доказано, что обеспечение государственного заказа на продукцию отечественных предприятий – основной путь укрепления национальной экономики, и, в конечном итоге – основное направление повышения уровня жизни в стране. Госзаказ на продукцию транспортной отрасли позволит решить также целый ряд социальных задач регионального и общегосударственного уровня.

Ключевые слова: государственный заказ; системный подход; прогресс транспорта; эффективная национальная экономика; транспортные системы

Введение

Во все эпохи существования человечества научные открытия и развитие различных направлений науки способствовало совершенствованию технических средств и транспорта особенно. Не вдаваясь в исторический экскурс с незапамятных времен, когда было изобретено колесо, до более близких времен, когда был создан двигатель внутреннего сгорания и другие инженерно-технические новации, актуальным остается вопрос о том, на сколько развитие науки и научных технологий способствует вне-

дрению более прогрессивных средств транспорта. На железнодорожном транспорте прогресс в основном связывают с переходом от конной тяги к паровой, от паровой тяги к использованию тепловой энергии, то есть к двигателю внутреннего сгорания, которые уступили место электротяге. Далее идут магнитолевитационные транспортные средства и экипажи с реактивной тягой, которые находятся на грани между наземным и воздушным транспортом. Это не предел, как по методам приведения в действие транспортных средств, так и по способам перемещения экипажей. Но, это то, что касается тяговых средств транспорта. При этом

НАУКА ТА ПРОГРЕС ТРАНСПОРТУ

приведена далеко не полная ретроспектива, а укрупненная, что вполне адекватно дает возможность проследить связь между открытиями науки и прорывами в инженерной мысли с развитием транспортных средств.

Как видим, достижения инженерной мысли приводят к развитию технического прогресса. При всей банальности данного утверждения хотелось бы еще раз подчеркнуть, что именно творческий, инженерный подход позволяет производить, а точнее генерировать, прогрессивные идеи, и не только в технической области. Одним из примеров использования инженерного подхода при решении сложных не технических задач является создание различных экономических теорий. Это и физическая экономика, и модель технотронного общества [2, 10], которые используют (основные или фундаментальные идеи) о главенстве законов физики и соответствующих им закономерностей.

Линдон Ларуш – американский экономист и политик, снискавший своими научными трудами и активной общественной деятельностью известность как крупный мыслитель современности, ученый, талантливый оратор и педагог с мировым именем, который является, в то же время, создателем такой отрасли науки как физическая экономика. Хотя отдельные положения физической экономики в понимании Линдона Ларуша излагались учеными еще в XVIII веке.

В соответствии с положениями теории физической экономики человечеством правит не физическая сила, применяемая людьми, а сила идей. Взаимодействие борющихся друг с другом идей, которые, реализуясь посредством разума человека, в конечном счете управляют физическими процессами поведения общества [1, 2].

Физическая экономика изучает особенности и принципы развития сферы материального (физического) производства с целью количественного и качественного улучшения наполнения «рыночной корзины» на базе непрерывного научно-технологического прогресса, обеспечивающего длительное существование человечества на Земле.

Упомянутая выше модель «технотронного общества», в понимании Збигнева Бжезинского, представляет собой технократическую уто-

пию, рисующую предуготовленный «рай» в буржуазном обществе будущего [10]. В этой утопии обычный человек не рассматривается как активный субъект исторического процесса: ему отводится всего лишь незначительная роль послушного автомата, действующего по заранее установленной программе, нацеленной на рациональную эксплуатацию «социальных талантов». Естественно, такое развитие событий не может называться прогрессивным, не дает в полной мере раскрыться интеллектуальным способностям человека. Поэтому данная модель развития общества идет в разрез развитию научно-технического прогресса, а точнее наоборот: сам научно-технический прогресс никоим образом ни способствует развитию человечества, а скорее тормозит это развитие. Но оставим споры о преимуществе того или иного общественного строя философам, а перейдем к дальнейшему рассмотрению роли транспорта в развитии национальной экономики.

Основная часть

К теориям, которые используют инженерный подход при решении системных не технических задач, можно отнести «Теорию высокоэффективной национальной экономики». Данная теория разработана инженерами-системотехниками Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна [3, 4, 5, 7, 8, 9]. А именно теми специалистами, которые успешно решают проблемные задачи, связанные с развитием транспорта, в том числе железнодорожного, имеющими опыт определения технических причин различных аварий и крушений на железных дорогах. Ими предложен системный подход к решению экономических задач, а точнее, системных проблем в экономике. Причем системные проблемы, как оказалось, присутствуют во всех без исключения секторах экономики и на всех уровнях – от микроэкономики до макроэкономики, вплоть до экономики в глобальном понимании.

Транспорт, являясь, по определению классиков, стержнем национальной экономики, задает основной тон при формировании экономических отношений, независимо от общественного строя в тех странах, в которых присутствует транспортная отрасль. Для Украины, где

НАУКА ТА ПРОГРЕС ТРАНСПОРТУ

транспортная отрасль не только присутствует, но и доминирует в экономике по целому ряду показателей, развитие транспорта, его технический и технологический уровень, являются ориентирами для других отраслей экономики. Именно от прогрессивных тенденций развития транспортной отрасли и зависит глобальное развитие национальной макроэкономики.

Одним из действенных инструментов развития национальной экономики служит государственный заказ на товары и услуги, которые производятся отечественными предприятиями и организациями. И это не только поддержка отечественного товаропроизводителя, но и мощный механизм воздействия на научно-технический прогресс, и развитие экономики в глобальном смысле. Роль транспорта в этом процессе, без преувеличения, можно считать главной, т.к. государство (в лице одного из центральных органов управления) осуществляет планирование и последующее приобретение транспортных средств для всех видов транспорта. Тем самым обеспечивается занятость целого ряда отраслей экономики, которые задействованы в подготовке к производству, изготовлению и вводу в эксплуатацию всех без исключения видов транспорта.

Рассмотрим простейший пример межотраслевого взаимодействия с использованием бюджетных ресурсов, которые формируются не по мере обеспечения денежной массы валютами других стран, «твердость» которых определяется практически искусственно, а объемом товаров и услуг, имеющих на внутреннем рынке. Такая цепочка иллюстрирует методологию формирования экономических отношений в государстве. Центральный орган осуществляет заказ от имени государства машиностроительной отрасли на изготовление нового подвижного состава для железных дорог, постановка на производство которого требует объединения усилий предприятий горнодобывающего комплекса, обрабатывающей промышленности, металлургии, предприятий машиностроения, научно-исследовательских организаций, академических институтов, высших учебных заведений, торговли, предприятий транспортно-дорожного комплекса и, наконец, предприятий железнодорожного транспорта и операторских компаний. Каждому участнику производственной цепочки отведена своя роль, причем отсут-

ствие того или иного звена приведет к нарушению, или точнее к «сбою», всего экономико-промышленного механизма. Как видим, каждое звено выполняет вполне определенную роль, осуществляя разработку научно-технических проектов при создании новых конструкций подвижного состава научными и проектными организациями, заготовку металла и других комплектующих для подвижного состава, выполнение научными организациями испытаний по приему и сертификации готовой продукции. Естественно, главенствующую роль играют высшие учебные заведения различных уровней аккредитации, которые готовят кадры для задействованных отраслей экономики. Ярким примером консолидации отечественного научно-технического потенциала является государственный заказ через Государственную администрацию железнодорожного транспорта Украины межрегиональных двухсистемных электропоездов на ПАО «Крюковский вагоностроительный завод». В создании этих электропоездов приняло участие более 170 отечественных научных и производственных организаций. Тем более что технический уровень разработанных электропоездов не уступает лучшим мировым аналогам подобного класса! Это еще раз свидетельствует о действенности преобразований в экономике. Тем более что Государственная программа развития внутреннего производства отводит машиностроению центральную роль: «Уровень развития машиностроения является одним из показателей экономического и промышленного развития государства, что обуславливает научно-технический прогресс как собственных предприятий, так и предприятий всех отраслей промышленности. Машиностроение играет определяющую роль в создании и развитии материально-технической базы внутреннего производства путем внедрения достижений научно-технического прогресса и совершенствования прежде всего техники и технологий» [6].

Аналогично обстоит дело с заказами на реализацию инфраструктурных проектов, которые также требуют участия предприятий различных отраслей экономики.

Курс на поддержку отечественного товаропроизводителя развивается и в других программных документах [1]. Правительством страны был представлен проект Госпрограммы

НАУКА ТА ПРОГРЕС ТРАНСПОРТУ

активизации развития экономики на 2013-2014 годы, к основным положениям которого относятся шесть приоритетных направлений: повышение конкурентоспособности экономики; улучшение инвестиционных условий; поддержка национального товаропроизводителя и реализация политики импортозамещения; развитие отраслей, производящих высокотехнологическую продукцию; структурная реформа в стратегических секторах, в частности, в госсекторе экономики, инфраструктуре и связи, ТЭК, ЖКХ и строительстве; развитие экспортного потенциала, включая финансовую поддержку экспортеров и продвижение украинских товаров на внешних рынках.

Выводы

Таким образом, рассмотрено влияние развития транспорта на совершенствование национальной экономики, при этом прослеживается активная роль научно-технического прогресса в транспортной отрасли. Рассмотрены действенные инструменты повышения эффективности национальной экономики, одним из которых является государственный заказ на продукцию основных отраслей промышленности. Получен вывод о том, что обеспечение государственного заказа на продукцию отечественных предприятий – основной путь укрепления национальной экономики, и в конечном итоге – это основное направление повышения уровня жизни в стране. Госзаказ на продукцию транспортной отрасли позволит решить также целый ряд социальных задач регионального и общегосударственного уровня.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ
ИСТОЧНИКОВ

1. Ларуш, Л. О сущности стратегического метода [Электронный ресурс] / Л. Ларуш // Бюллетень Шиллеровского института наук и культуры. – 2000. – № 9. – Режим доступа: <http://www.larouche.org/russian/bulletins/sib9/sib9b.html>. – Загл. с экрана.
2. Ларуш, Л. Физическая экономика как платоновская эпистемологическая основа всех отраслей человеческого знания [Электронный ресурс] / Л. Ларуш – М. : Научная книга, 1997. – Режим доступа: http://www.larouche.org/russian/phys_econ/physsec_toc.html. – Загл. с экрана.
3. Мямлин, В. В. К вопросу о категории прибыли / В. В. Мямлин // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2010. – Вип. 29. – Д. : Вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2010. – С. 268–279.
4. Мямлин, В. В. Существующая прибыльно-финансовая модель хозяйствования – основная причина кризиса мировой экономической системы и краха финансовой системы / В. В. Мямлин // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2008. – Вип. 25. – Д. : Вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2008. – С. 241–247.
5. Мямлин, В. В. Теория бесприбыльной альтернативной экономики как основа нового экономического мировоззрения / В. В. Мямлин // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2009. – Вип. 26. – Д. : Вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2009. – С. 222–230.
6. Про затвердження Державної програми розвитку внутрішнього виробництва : Постанова Кабінету Міністрів від 12 вересня 2011 р. № 1130 // Урядовий кур'єр. – 2011. – № 213. – 15 листопада. – С. 9.
7. Пшинько, А. Н. Влияние скорости обращения денежной массы на эффективность национальной экономики / А. Н. Пшинько, В. В. Мямлин, С. В. Мямлин // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2012. – Вип. 42. – Д. : Вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2012. – С. 300–311.
8. Пшинько, А. Н. Переход на модель высокоэффективной национальной экономики – реальный путь решения экономических проблем в государстве / А. Н. Пшинько, В. В. Мямлин, С. В. Мямлин // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2012. – Вип. 41. – Д. : Вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2012. – С. 294–303.
9. Пшинько, А. Н. Повышение уровня системности экономики – основной путь выхода из кризиса / А. Н. Пшинько, В. В. Мямлин, С. В. Мямлин // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2011. – Вип. 36. – Д. : Вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2011. – С. 275–283.
10. Brzezinski, Zb. Between Two Ages. America's Role in the Technetronic Era / Zb. Brzezinski – New York, 1970. – 334 p.

С. В. МЯМЛІН*

*Доктор технічних наук, професор, проректор з наукової роботи, Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, 49010, м. Дніпропетровськ, Україна, тел. +38 (056) 776 84 98, ел. пошта sergeymyamin@gmail.com

ПРОГРЕС ТРАНСПОРТУ – ЗАПОРУКА РОЗВИТКУ НАЦІОНАЛЬНОЇ ЕКОНОМІКИ

Мета. Визначити вплив розвитку транспортної галузі шляхом здійснення державного замовлення на рухомий склад та інфраструктурні проекти на основні галузі економіки. **Методика.** На основі контент- та ситуаційного аналізів досліджено вплив розвитку окремих галузей науки на вдосконалення транспортних засобів. Відзначається роль інженерного підходу не тільки при вирішенні завдань з подолання усталених технологій і створенню нових конструкцій, але і при вирішенні економічних завдань, причому на національному рівні. **Результати.** Розглянуто вплив розвитку транспорту на вдосконалення національної економіки, при цьому простежується активна роль науково-технічного прогресу в транспортній галузі. Розглянуто дієві інструменти підвищення ефективності національної економіки, одним з яких є державне замовлення на продукцію основних галузей промисловості. У тому числі враховуються всі складові виробничого процесу з поставки на виробництво інноваційного рухомого складу залізниць, включаючи результати роботи наукових, проектних і виробничих організацій. **Практична значимість.** Доведено, що забезпечення державного замовлення на продукцію вітчизняних підприємств - основний шлях зміцнення національної економіки, і, в кінцевому підсумку - основний напрямок підвищення рівня життя в країні. Держзамовлення на продукцію транспортної галузі дозволить вирішити також цілий ряд соціальних завдань регіонального і загальнодержавного рівня.

Ключові слова: державне замовлення; системний підхід; прогрес транспорту; ефективна національна економіка; транспортні системи

S. V. MYAMLIN*

*Vice-rector, Professor, Doctor of Technical Sciences, Dnepropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan, Lazaryan Str., 2, Dnepropetrovsk, Ukraine, tel. +38 (056) 776 84 98, e-mail sergeymyamin@gmail.com

TRANSPORT PROGRESS AS A PLEDGE OF NATIONAL ECONOMY DEVELOPMENT

Purpose. To determine the influence of transport branch development through the state order implementation for rolling stock and infrastructure projects in the basic economic branches. **Methodology.** On the basis of situation and content analyses the impact of particular science branches development on improvement of transport modes is analyzed. The role of engineering approach for both the problem solving of the stagnant technologies negotiation and new designs creation as well as solving the economic problems at a national level is observed. **Findings.** The impact of transport development on the national economy improvement is analyzed; during this the active role of scientific and technical progress of transport branch is investigated. The efficient means to increase the effectiveness of national economy are analyzed; one of these means is the state order for production of the basic industry branches. All the components of the production process while launching the innovational rolling stock manufacture, including the results of scientific, project and production organizations researches are taken into account. **Practical value.** It is proved that, provision of the state order for domestic enterprise production is the main way of national economics strengthening and the basic direction of the life quality improvement in the country. The state order for transport branch production will solve a number of social problems of regional and state level.

Key words: state order; systematic approach; transport progress; effective national economics; transport systems

REFERENCES

1. Larush L. O sushchnosti strategicheskogo metoda (On the essence of the strategic method). *Byulleten Shillerovskogo instituta nauki i kultury – Bulletin of the Schiller Institute for Science and Culture*, 2000, no. 9. Available at: <http://www.larouchepub.com/russian/bulletins/sib9/sib9b.html> (Accessed 28 March 2013)
2. Larush L. *Fizicheskaya ekonomika kak platonovskaya epistemologicheskaya osnova vseh otrasley chelovecheskogo znaniya* (The Science of Physical Economy as the Platonic Epistemological Basis for All Branches of Human Knowledge). Moscow, Nauchnaya kniga Publ., 1997. Available at: http://www.larouchepub.com/russian/phys_econ/physsec_toc.html (Accessed 21 March 2013)
3. Myamlin V.V. K voprosu o kategorii pribyli [On the question of the profit category]. *Visnyk Dnipropetrovskoho natsionalnoho universitetu zaliznychnoho transportu imeni akademika V. Lazariana* [Bulletin of Dnepropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazarian], 2010, issue 29, pp. 268-279.
4. Myamlin V.V. Sushchestvuyushchaya pribylno-finansovaya model khozyaystvovaniya – osnovnaya prichina krizisa mirovoy ekonomicheskoy sistemy i krakha finansovoy sistemy [Current profit and financial model of economy as the main cause of the world economic system crisis and financial system collapse]. *Visnyk Dnipropetrovskoho natsionalnoho universitetu zaliznychnoho transportu imeni akademika V. Lazariana* [Bulletin of Dnepropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazarian], 2008, issue 25, pp. 241-247.
5. Myamlin V.V. Teoriya bespribylnoy alternativnoy ekonomiki kak osnova novogo ekonomicheskogo mirovozzreniya [The theory of nonprofit alternative economy as the foundation of the new economic world view]. *Visnyk Dnipropetrovskoho natsionalnoho universitetu zaliznychnoho transportu imeni akademika V. Lazariana* [Bulletin of Dnepropetrovsk National University named after Academician V. Lazaryan], 2009, issue 26, pp. 222-230.
6. Pro zatverdzhennia Derzhavnoi prohramy rozvytku vnutrishnoho vyrobnytstva: Postanova Kabinetu Ministriv [On approval of the State Program of the domestic production development: Resolution of the Cabinet of Ministers]. *Uriadovi kurier – Government Courier*, 2011, no. 213, p. 9.
7. Pshinko A.N., Myamlin V.V., Myamlin S.V. Vliyaniye skorosti obrashcheniya denezhnoy massy na effektivnost natsionalnoy ekonomiki [The influence of money circulation on the national economy efficiency]. *Visnyk Dnipropetrovskoho natsionalnoho universitetu zaliznychnoho transportu imeni akademika V. Lazariana* [Bulletin of Dnepropetrovsk National University named after Academician V. Lazaryan], 2012, issue 42, pp. 300-311.
8. Pshinko A.N., Myamlin V.V., Myamlin S.V. Perekhod na model vysokoeffektivnoy natsionalnoy ekonomiki – realnyy put resheniya ekonomicheskikh problem v gosudarstve [Transition to the model of high-efficiency national economics as the real method of solving economic problems in the country]. *Visnyk Dnipropetrovskoho natsionalnoho universitetu zaliznychnoho transportu imeni akademika V. Lazariana* [Bulletin of Dnepropetrovsk National University named after Academician V. Lazaryan], 2012, issue 41, pp. 294-303.
9. Pshinko A.N., Myamlin V.V., Myamlin S.V. Povysheniye urovnya sistemnosti ekonomiki – osnovnoy put vykhoda iz krizisa [Enhancement of system level of economics as the basic way out of the crisis]. *Visnyk Dnipropetrovskoho natsionalnoho universitetu zaliznychnoho transportu imeni akademika V. Lazariana* [Bulletin of Dnepropetrovsk National University named after Academician V. Lazaryan], 2011, issue 36, pp. 275-283.
10. Brzezinski Zb. *Between Two Ages. America's Role in the Technetronic Era*. New York, 1970. 334 p.

Статья рекомендована к публикации д.т.н., проф. П. С. Анисимовым (Россия); д.т.н., проф. Л. П. Лингайтисом (Литва)

Поступила в редколлегию 23.10.2012

Принята к печати 25.02.2013

АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ НА ТРАНСПОРТІ

УДК 625.162:656.2.08(474.5)

Г. А. БУРЕЙКА^{1*}, Л. Г. ЛЮДВИНАВИЧЮС²

Факультет залізничного транспорту, Вільнюський Технічний Університет Гедимінаса, ул. Ж. Басанавічюса
28, LT-03224, Вільнюс, Литва

^{1*}тел. +37 (052)74 48 05; e-mail gintautas.bureika@vgtu.lt

²тел. +37 (052)74 48 03; e-mail lionginas.liudvinavicius@vgtu.lt

ОЦЕНКА АВАРИЙНОСТИ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ПЕРЕЕЗДАХ ЛИТВЫ

Цель. Наиболее наболевшая проблема, с которой сталкиваются специалисты безопасности железнодорожного транспорта, это происшествия на железнодорожных переездах. Цель – исследовать обстоятельства, которые влияют на безопасность движения на переездах, и предложить специалистам по повышению безопасности эффективные инструменты решения проблем на этих опасных местах инфраструктуры железных дорог. **Методика.** В статье представлен метод логической регрессии для оценки аварийности на железнодорожных переездах Литвы. Авторами были исследованы и оценены основные факторы, влияющие на безопасность железнодорожных переездов. Это – интенсивность движения поездов и автомобилей через железнодорожный переезд, видимость приближающегося поезда с обеих сторон переезда, максимальная допустимая скорость движения поездов, число железнодорожных путей (однопутный, двухпутный, многопутный), уровень оборудования сигнализации и автоматики переезда, населённость местности, наличие ограждений и т. д. Были выделены те факторы, которые возможно описать математическими выражениями (числами). **Результаты.** Методом логической регрессии, установлено, что самые острые проблемы на железнодорожных переездах – это максимальная допустимая скорость поездов, плохая видимость переезда (менее 1000 м), интенсивность движения дорожного транспорта на переездах и неправильное оборудование автомобильных дорог, пересекающих рельсы. На основе результатов исследования, формулируются выводы и рекомендации специалистам безопасности железнодорожного движения о том, какие первоочередные меры по предотвращению несчастных случаев и на каких железнодорожных переездах необходимо принять незамедлительно. **Научная новизна.** Раскрыты тенденции и основные причины происшествий на железнодорожных перекрёстках Литвы за 2004-2011 год. Обоснована необходимость внедрения прогрессивных технических мер для предотвращения инцидентов на железнодорожных перекрёстках. **Практическая значимость.** Около 50% железнодорожных переездов Литвы не соответствуют законодательству по требованиям видимости переездов. Именно этот параметр железнодорожных переездов является одним из решающих факторов риска безопасности движения. В целях устранения влияния на аварийность из-за плохой видимости переезда, предлагается использовать «лежачих» полицейских. Вопрос о ликвидации переездов одного уровня позволит предотвратить инциденты и оптимизировать риски в условиях увеличения объёма перевозок по автомобильным и железным дорогам, роста скорости движения поездов и осуществления важных крупномасштабных автомобильных и железнодорожных проектов.

Ключевые слова: аварийность; факторы риска; железнодорожный переезд; метод логической регрессии; безопасность движения

Введение

Одна из самых острых проблем, с которой

чаще всего сталкиваются специалисты безопасности железнодорожного движения Литвы, это столкновения поездов с автомобилями и гибель

АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ НА ТРАНСПОРТІ

людей на железнодорожных переездах. Плотность расположения переездов по длине железной дороги в Литве составляет 4,2 км. Сравнения количества частоты километров железнодорожных переездов с другими 24 странами Европейского Союза и Норвегии, показали, что Литва с частотой расположения железнодорожных переездов 4,17 километров находится на шестом месте (рис. 1). Самая высокая плотность железнодорожных переездов в Норвегии – 1,02, самый низкий в Латвии – 7,38 км [2].

Более 60 % столкновений поездов с сухопутными транспортными средствами, около 20 % наездов на пешеходы со смертельным исходом и около 35 % тяжело раненных составляют происшествия именно в этих проблемных местах железной дороги Литвы [1, 5]. Эти показатели оказывают существенное влияние на общий уровень безопасности железнодорожного движения страны, которые являются одними из худших среди стран Европейского Союза (далее – ЕС). По данным Европейского железнодорожного агентства (далее – ERADIS) в 2008 году по относительному критерию транспортных происшествий на километр пробега поезд, Литва была на 5-ом месте среди 24 стран Европейского Союза и Норвегии [2]. Худшая ситуация в Румынии, лучшая всего – в Норвегии. По этим сравнительным критериям, Литва находится на 8-ом месте (по показателю серьезных травм) и на 3-ем месте (по показателю погибших от травм) между 24 странами Европейского Союза и Норвегии.

В Австралии с 2003 по 2011 год производят наблюдения, исследования и глубокий анализ железнодорожных переездов. Ученные для государственных институций создали модель ALCAM планирования мер и по управлению безопасности движения на этих проблемных местах [13].

В разных странах различные исследования показали, что аварии на железнодорожных переездах главным образом происходят под влиянием человеческого фактора [3, 4, 6-8, 10]. Исследования ученых в США показали, что только 60 % водителей транспортных средств остановились перед дорожным знаком «СТОП» у железнодорожного переезда, а 40 % игнорируют дорожные знаки «СТОП» и пересекают железнодорожные переезды без остановки. Две трети водителей знают, что они должны остановиться около знак «СТОП», но этого не де-

лают. Другое исследование в США показало, что из 60 аварий произошедших на железнодорожных переездах 12 произошло из-за невнимательности водителя (20 %). Кроме того, обнаружили, что 80 % аварий на железнодорожных переездах с гибелью людей произошли, когда водитель погиб и не знал, что делать для того, чтобы избежать столкновения с поездом. В Австралии исследованы 85 аварий с гибелью людей и было обнаружено, что 86 % водителей знали, как правильно пересекать железнодорожные переезды. До 33 % водителей автотранспортных средств в Германии считают, что они не должны останавливаться на железнодорожном переезде, когда красный свет мигает на железнодорожном переезде [7, 8]. Кроме того, в Германии было установлено, что одна треть водителей недовольны долгим временем ожидания на закрытых железнодорожных переездах [12]. Опрошенные водители сказали, что время опускания шлагбаума (закрывания железнодорожного переезда) или мигание красного света (сигнала) должно быть не более 2 минут [9]. Учеными установлено, что долгое ожидание на железнодорожных переездах подталкивает водителей нарушать Правила дорожного движения при пересечении железнодорожных переездов, когда шлагбаум опускается или красный световой сигнал мигает на переезде.

На рис. 1 рассматривается соотношения между уровнями аварийности железнодорожного транспорта и плотностью железнодорожных переездов в странах ЕС и в Норвегии [2]. По данным рис. 1, видно, что на железных дорогах Стран Балтии – Литвы, Латвии и Эстонии – достаточно редко расположены железнодорожные переезды (плотность от 4,17 до 7,38 км), но общая аварийность железных дорог велика (гораздо выше среднего по ЕС).

На рис. 2 рассматривается соотношения между аварийностью на железнодорожных переездах и плотностью железнодорожных переездов в странах ЕС и в Норвегии [2]. По данным рис. 2, видно, что на железных дорогах Стран Балтии, Болгарии и Румынии достаточно редко расположены железнодорожные переезды (плотность от 3,52 до 7,38 км), но уровень аварийности на железнодорожных переездах очень высокая (например, в Румынии самая высокая аварийности по ЕС, в Литве – третье место).

Анализ диаграмм (рис. 1-2) показывает, что плотность расположения железнодорожных

АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ НА ТРАНСПОРТІ

переездов не является решающим фактором
уровня аварийности на железнодорожных пере-

ездах и в целом железнодорожного транспорта
страны.

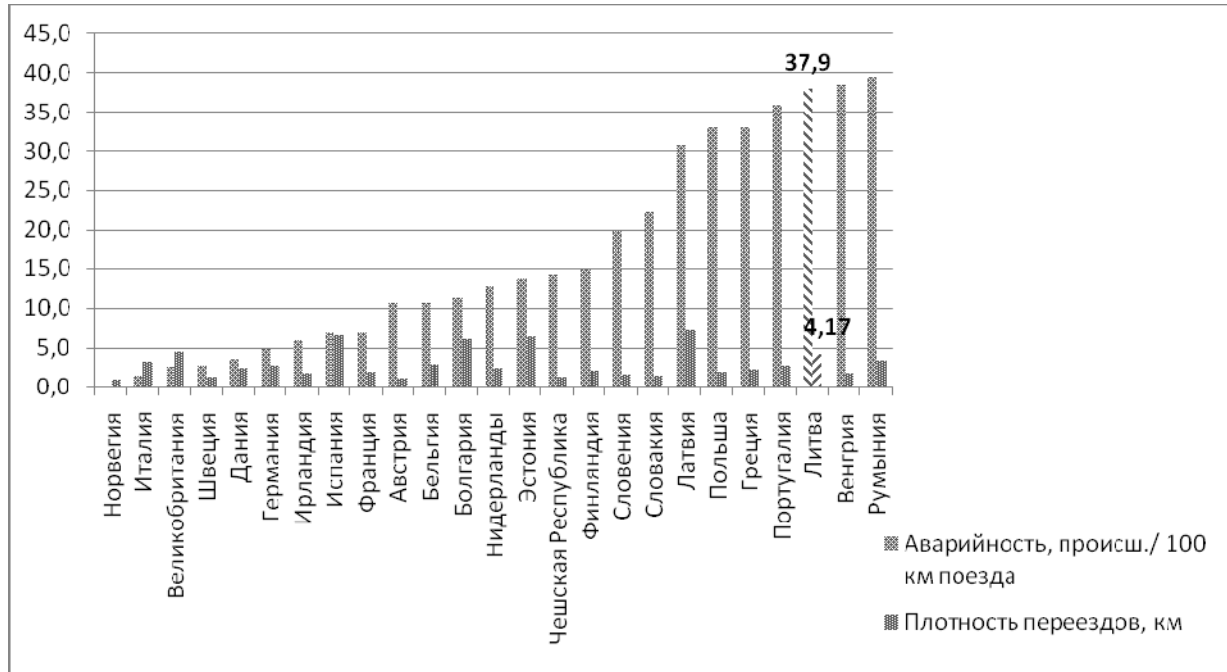


Рис. 1. Аварийность железнодорожного транспорта и плотность железнодорожных переездов в странах Европейского Союза и в Норвегии 2008 году

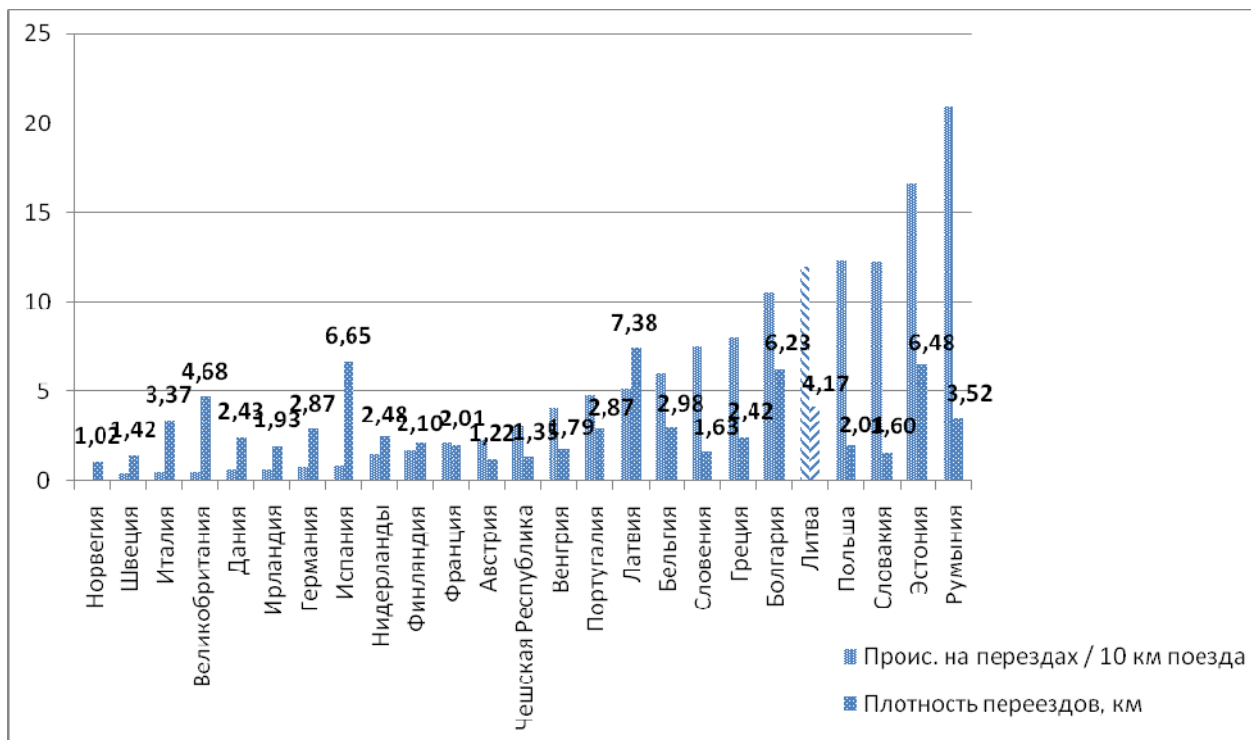


Рис. 2. Аварийность на железнодорожных переездах и плотность железнодорожных переездов в странах Европейского Союза и в Норвегии 2008 году

На рис. 3 показаны данные (числа) об происшествии на железнодорожных переездах

Литвы в 2004–2011 годах [1].

Как видно из рис. 3, число происшествий на

АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ НА ТРАНСПОРТІ

железнодорожных переездах за последние 4 года установилось около 14, число погибших – около 6 и число раненых – около 3.

На рис. 4 показана динамика происшествий на автомобильных дорог Литвы в 2004-2011 годах [11, 12].

Как видно из рис. 4, уровень аварийности автомобильного транспорта Литвы за послед-

ние 5 лет сократилась более чем в 2 раза [11, 14]. Но как видно по в выше упомянутом тексте представленным диаграммам (рис. 1-2), это ни как не повлияло на уровень аварийности на железнодорожных переездах и в целом на аварийность железнодорожном транспорте страны.

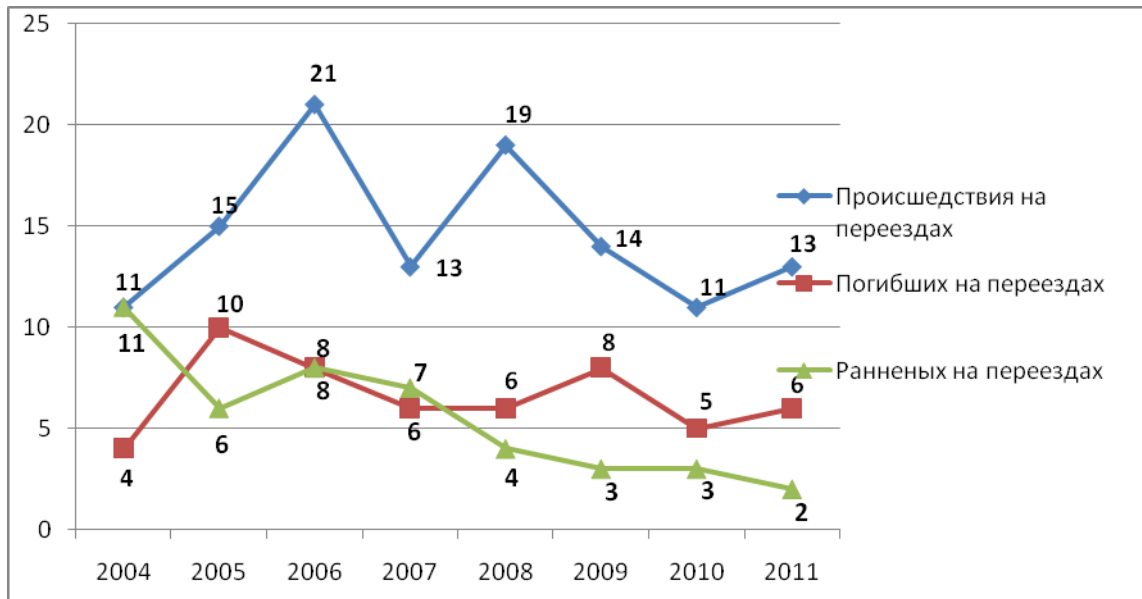


Рис. 3. Динамика происшествий на железнодорожных переездах Литовских железных дорог в 2004-2011 годах

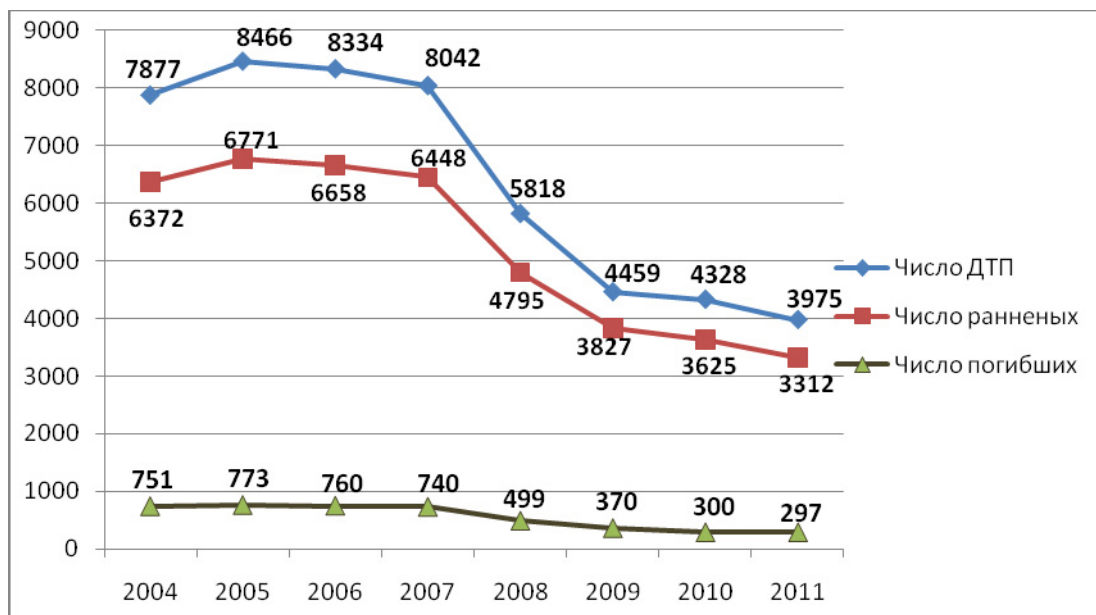


Рис. 4. Динамика происшествий на автомобильных дорогах Литвы в 2004-2011 годах

2. Исследование железнодорожных переездов Литвы

В настоящее время АО «Литовские железные дороги» (далее – LG) владеет 523 железнодорожными переездами, в том числе 93 переездами на подъездных путях. Установлено, что 384 железнодорожных переездов регулируются и 139 переездов не регулируются. Также определено, что 48 переездов являются охраняемыми и 475 не охраняемыми. Из 48 охраняемых переездов 19 охраняют дежурные переездов и 29 переездов контролируются диспетчерами движения поездов.

Установлено, что 75 % LG железнодорожных переездов оборудованы сигнализацией. Например, все (100 %) железнодорожные переезды в Норвегии автоматизированы, а в Ирландии – только 20 % железнодорожных переездов

имеют сигнализацию.

С 2004 по 2011 год на железнодорожных переездах Литвы произошли 103 несчастных случаев (21 % всех железнодорожных происшествий). В этих авариях погибло 52 человека (19 % всех смертей), и тяжело ранено – 46 человек (36 % всех травм) в результате несчастных случаев на железной дороге [1].

Авторы статьи провели исследование (наблюдение) за 43 железнодорожными переездами Литвы и полученные результаты предъявили в таблице 1.

Как видно по данным табл. 2, самая острая проблема – это недостаточная видимость железнодорожных переездов (30 %), ограниченная видимость дорожных знаков (15 %) и повреждены или несохранившиеся дорожные знаки (13 %).

Таблица 1

**Недостатки (проблемы) железнодорожных переездов Литвы, обнаруженные
во время исследования 43 переездов**

Описание	Число установленных недостатков
1. Неполная комплектация (набор) предупредительных дорожных знаков «Приближение к железнодорожному переезду»	18
2. Ограниченная видимость дорожных знаков, менее чем 100 м	21
3. Ограниченная видимость (видимость поезда водителям и видимость переезда машинистам), менее чем 1000 м	41
4. Дефекты покрытия автомобильной дороги перед переездом	14
5. Повреждены или несохранившиеся дорожные знаки	19
6. Предупредительные дорожные знаки установлены на не правильном расстоянии или не по требованиям Правила дорожного движения	13
7. Установлены неправильные дорожные знаки	16
Всего:	142

Таблица 2

**Классификация железнодорожных переездов в Литве по интенсивности движения
транспортных средств**

Интенсивность движения поездов в обе стороны, число поездов/сутки	Интенсивность движения автотранспорта в обе стороны, число транс. средс./ сутки				
	до 250	251-700	701-3000	3001-7000	7000 и более
16 (включая все поезда на станции и на подъездных путях)	IV	IV	IV	III	II
17-50	IV	IV	III	II	I
51-100	IV	III	II	I	I
Более чем 100	III	II	II	I	I

Как показывают исследования зарубежных ученых, хороший эффект по снижению аварийности на железнодорожных переездах дают «лежащие полицейские» (бамперы скорости) перед переездами [11, 14].

3. Метод логической регрессии для оценки риска безопасности движения на железнодорожных переездах

Авторами статьи были исследованы факторы, влияющие на безопасность железнодорожных переездов: интенсивность движения поездов и автомобилей через железнодорожный переезд, видимость приближающегося поезда с обеих сторон переезда, максимальная допустимая скорость движения поездов, число железнодорожных путей (однопутный, двухпутный, трёхпутный и т. д.), уровень оборудования сигнализации и автоматики переезда, населённость местности, наличие ограждений и т. д. Определены те факторы, которые возможно описать математическими выражениями (числами).

На основе статистических данных с 2006 по 2011 год, методом логической регрессии, опираясь на ранее выявленные решающие факторы безопасности при пересечении железнодорожных путей, определяются наиболее проблематические железнодорожные переезды, на которых с небольшой вероятностью могут произойти железнодорожные происшествия.

Логическая регрессия выражается следующей формулой:

$$\log\left(\frac{P}{1-P}\right) = \alpha_0 + \alpha_1 \cdot x_1 + \alpha_2 \cdot x_2 + \dots; \quad (1)$$

где α_i – коэффициент регрессии; x_i – численное значение фактора, влияющего на безопасность движения на железнодорожных переездах.

Например, если видимость железнодорожного переезда 600 м, то значение этого фактора видимости будет равно $600/1000=0,6$.

Одним из решающих факторов также является категория железнодорожного переезда. Классификация железнодорожных переездов в Литве по потокам автомобильного и железнодорожного транспорта представлена в табл. 2.

Высчитав по формуле (1) методом логической регрессии, оказалось, что самые острые проблемы на железнодорожных переездах это максимальная допустимая скорость поездов, плохая видимость переезда (менее 1000 м), ин-

тенсивность движения транспорта на переездах (категория переездов по табл. 2) и неправильное оборудование автомобильных дорог, пересекающих рельсы.

На основе результатов исследования формулируются выводы и рекомендации специалистам безопасности железнодорожного движения, какие первоочередные меры по предотвращению несчастных случаев и на каких железнодорожных переездах необходимо принять незамедлительно.

Выводы и рекомендации

1. Показатели Литовских железных дорог, связанные с безопасностью движения на железнодорожных переездах, являются одними из худших среди стран ЕС и Норвегии. Этот относительный показатель Литвы в два раза выше, чем средний стран ЕС и Норвегии.
2. С 2004 по 2011 год на железнодорожных переездах Литвы несчастных случаев произошло 103 (это 21 % всех несчастных случаев на железной дороге).
3. Многочисленные исследования, проведённые в разных странах, показывают, что уровень безопасности движения на железнодорожных переездах является неудовлетворительным. Существуют две основные меры для улучшения положения: устранение переездов одного уровня и применение более строгих мер по обеспечению безопасности дорожного движения на действующих железнодорожных переездах.
4. Вопрос о ликвидации переездов одного уровня становится все более и более актуальным в связи с ростом объёма перевозок по автомобильным и железным дорогам, рост скорости движения поездов и для осуществления важных крупномасштабных автомобильных и железнодорожных проектов. Вопрос об установке переездов разных уровней становятся неизбежными.
5. Несоблюдение Правил дорожного движения является основной причиной железнодорожной аварии во всех странах мира (не исключение и в Литве). Необходимо сосредоточить все усилия на меры, которые будут стимулировать водителей строго соблюдать Правила дорожного движения, особенно на местах железнодорожных переездов.

АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ НА ТРАНСПОРТІ

6. Результаты исследования логической регрессии показывают, что самые острые проблемы на железнодорожных переездах это максимальная допустимая скорость поездов, плохая видимость переезда (менее 1 000 м), интенсивность движения транспорта на переездах (категория переездов) и неправильное оборудование автомобильных дорог у переездов.
7. Около 50 % железнодорожных переездов Литвы не соответствуют законодательству требования видимости переездов. Именно этот параметр железнодорожных переездов является одним из решающих факторов риска безопасности движения.
8. В целях устранения влияния на аварийность из-за плохой видимости переезда, предлагается использовать «лежачих» полицейских. Опыт других стран показал, что скорость транспортных средств перед железнодорожным переездом резко снижается.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ
ИСТОЧНИКОВ

1. Analysis of traffic safety in level crossings managed „Lithuanian Railways“. – Vilnius : Plc. State Railway Inspectorate under the Ministry of Transport and Communications, 2010, 13 p.
2. ERADIS-European Railway Agency Database of Interoperability and Safety [Electronic resource] Available at: http://pdb.era.europa.eu/safety_docs/csi/default.aspx. – Title from the screen.
3. Evans, E. Fatal accidents at railway level crossings in Great Britain 1946-2009 / E. Evans // Accident Analysis and Prevention. – 2011. – Vol. 43. – № 5. – P. 1837–1845.
4. Fakhfakh, N. Video-Based Object Detection System for Improving Safety at Level Crossings / N. Fakhfakh, L. Khoudour, E. M. El-Koursi, J. Jacot, A. A. Dufaux // The Open Transportation Journal, 2011. – Vol. 5. – P. 45–59.
5. Gailiene, I. The main problems concerning safety, maintenance and reconstruction of level crossings in Lithuanian railway lines / I. Gailiene, M. Gedaminkas, I. Podagelis. // “Environmental Engineering”. Selected paper (19–20 May 2011) : proc. of the 8th Int. Conf. – Vilnius : Vilnius Gediminas Technical University. – 2011, P. 1077–1081.
6. Koppel, O. Traffic Safety Management at Single-Level Road / O. Koppel // Railway Crossings: Estonian Experience : the 27th International Baltic Road Conference. Available at: http://www.mnt.ee/bra/conference27/html/index_c2.htm. – Title from the screen.
7. Rakotonairy, A. Use of ITS improve level crossings safety / A. Rakotonairy, D. Soole, G. Larue // The 11th Level Crossing Symposium. – Tokyo, 2010. – P. 38–51.
8. Savage, I. Does public education improve rail-highway crossing safety? / I. Savage // Accident Analysis and Prevention. – 2006. – Vol. 38. – № 2. – P. 310–316.
9. Seise, A. The effect of speed bumps on driving speeds at road-railway level crossings / A. Seise, V-P. Kallberg, A. Silla. The 11th Level Crossing Symposium. – Tokyo, 2010. – P. 8–17.
10. Silla, A. The development of railway safety in Finland / A. Silla, V-P Kallberg // Accident Analysis and Prevention. – 2012. – Vol 45. – P. 737–744.
11. Statistics of valid traffic accidents in Lithuania, 2006-2011. Vilnius : Lithuanian Road Administration under the Ministry of Transport and Communications, 2012. – 26 p.
12. Tey, L.S. Measuring driver responses at railway level crossings / L. S Tey, L. Ferreira, A. Wallace // Accident Analysis and Prevention. – 2011. – Vol. 43, P. 2134–2141.
13. Spicer, Terry. Using Legislation as a Means of Improving Shared Responsibility at Railway Level Crossings / Terry Spicer // The Status of Level Crossing Safety Management Countermeasures : 11th World Level Crossing Symposium. – Tokyo, 2010. – P. 1–13.
14. The statistics of recorded traffic accidents in Lithuania, 2007-2010. Vilnius : Lithuanian Road Administration under the Ministry of Transportation, 2011. – 12 p.

Г. А. БУРЕЙКА^{1*}, Л. Г. ЛЮДВИНАВИЧЮС²

Факультет залізничного транспорту, Вільнюський Технічний Університет Гедимінаса, вул. Ж. Басанавічюса 28, LT-03224, Вільнюс, Литва

^{1*}тел. +37 (052) 74 48 05; e-mail gintautas.bureika@vgtu.lt²тел. +37 (052) 74 48 03; e-mail lionginas.liudvinavicius@vgtu.lt

ОЦІНКА АВАРІЙНОСТІ НА ЗАЛІЗНИЧНИХ ПЕРЕЇЗДАХ ЛИТВИ

Мета. Найбільш наболіла проблема, з якою стикаються фахівці безпеки залізничного транспорту, це події на залізничних переїздах. Мета – дослідити обставини, які впливають на безпеку руху на переїздах, і фахівцям з підвищення безпеки запропонувати ефективні інструменти вирішення проблем на цих небезпечних місцях інфраструктури залізних дорожніх. **Методика.** У статті представлений метод логічної регресії для оцінки аварійності на залізничних переїздах Литви. Авторами були досліджені і оцінені основні фактори, що впливають на безпеку залізничних переїздів. Це – інтенсивність руху поїздів і автомобілів через залізничний переїзд, видимість поїзда, що наближається з обох боків переїзду, максимальна допустима швидкість руху поїздів, число залізничних колій (однокільна, двокільна, багатокільний), рівень обладнання сигналізації та автоматики переїзду, населеність місцевості, наявність огорожень і т. д. Були виділені ті фактори, які можливо описати математичними виразами (числами). **Результати.** Методом логічної регресії, встановлена, що найгостріші проблеми на залізничних переїздах це максимальна допустима швидкість поїздів, погана видимість переїзду (менше 1000 м), інтенсивність руху дорожнього транспорту на переїздах і неправильне обладнання автомобільних доріг, що перетинають колію. На основі результатів дослідження, формулюються висновки і рекомендації фахівцям безпеки залізничного руху, які першорядні заходи по запобіганню нещасних випадків і на яких залізничних переїздах необхідно прийняти негайно. **Наукова новизна.** Розкриті тенденції та основні причини подій на залізничних перехрестях Литви за 2004-2011 роки. Обґрунтована необхідність впровадження прогресивних технічних заходів для запобігання інцидентів на залізничних перехрестях. **Практична значимість.** Близько 50% залізничних переїздів Литви не відповідають законодавству вимоги видимості переїздів. Саме цей параметр залізничних переїздів є одним з вирішальних факторів ризику безпеки руху. З метою усунення впливу на аварійність через погану видимість переїзду, пропонується використовувати «лежачих» поліцейських. Питання про ліквідацію переїздів одного рівня стає все більш і більш актуальним у зв'язку із зростанням обсягу перевезень по автомобільним дорогам і залізницях, із зростанням швидкості руху поїздів і для здійснення важливих великомасштабних автомобільних і залізничних проектів.

Ключові слова: аварійність; фактори ризику; залізничний переїзд; метод логічної регресії; безпека руху

G. A. BUREIKA^{1*}, L. G. LIUDVINAVICHIOUS²

Department of Railway Transport, Vilnius Gediminas Technical University, J. Basanavichus St. 28, LT-03224, Vilnius, Lithuania

^{1*}tel. +37 (052) 74 48 05; e-mail gintautas.bureika@vgtu.lt

²tel. +37 (052) 74 48 03; e-mail lionginas.liudvinavichius@vgtu.lt

ASSESSMENT OF ACCIDENT RATE AT LITHUANIAN RAILWAYS LEVEL CROSSINGS

Purpose. The most pressing problem facing the rail traffic safety experts is an accident rate at the railway level crossings. The purpose is to investigate the circumstances, which affect traffic safety at the level crossings, and to offer effective tools for experts to improve the safety the problems of these dangerous spaces of railway infrastructure. **Methodology.** This paper observes the logistic regression as a method to estimate the accident rate at level crossings in Lithuania. The authors have studied and evaluated the key factors affecting the safety of railway crossings. These factors are the intensity of trains and road transport means through the railway level crossing, the visibility of the approaching train from both sides of the traffic, the maximum permissible speed of the trains, the number of tracks (single track, double track, and multi-track), the level of installed alarm and automatic equipment, a density of population in this area, etc. Finally, only the factors, which might be described by mathematical expressions (numbers), were identified. **Findings.** By using logistic regression method, it was found that the most determinant factors at level crossings are the maximum speed of trains, poor visibility crossing (less than 1,000 m), intensity of the road traffic at crossings, and inappropriate implementation of roads crossing the rails. Based on the study results, the conclusions and recommendations were formulated which primary measures to prevent accidents at level crossing and on what level crossing should be taken urgently. **Originality.** Revealed trends and major causes of accidents at railway crossings of Lithuania for 2004-2011 year. The necessity of implementation of progressive technical measures for the prevention accidents on railway level crossing is proved. **Practical value.** About 50% of Lithuanian railway crossings do not meet the requirements of the level crossing legislation. This parameter is one of the key risk factors for traffic safety at level crossings. In order to eliminate the effect on accident due to poor visibility of moving train, it is proposed to use the "speed bumps". Question of the elimination of one

АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ НА ТРАНСПОРТІ

level crossing is becoming more and more important due to the increased volume of traffic on the roads and railways, growing the speed of trains and the implementation of important large-scale road and rail projects.

Keywords: risk factors; railway crossing; logistic regression method; traffic safety

REFERENCES

1. Analysis of traffic safety in level crossings managed „Lithuanian Railways“. Vilnius, Plc. State Railway Inspectorate under the Ministry of Transport and Communications Publ., 2010. 13 p.
2. ERADIS-European Railway Agency Database of Interoperability and Safety. Available at: http://pdb.era.europa.eu/safety_docs/csi/default.aspx (Accessed 17 February 2012).
3. Evans E. Fatal accidents at railway level crossings in Great Britain 1946-2009. *Accident Analysis and Prevention*, 2011, vol. 43, no. 5, pp. 1837-1845.
4. Fakhfakh N., Khoudour L., El-Koursi E.M., Jacot J., Dufaux A.A. Video-Based Object Detection System for Improving Safety at Level Crossings. *The Open Transportation Journal*, 2011, vol. 5, pp. 45 -59.
5. Gailiene I., Gedaminskas M., Podagelis I. The main problems concerning safety, maintenance and reconstruction of level crossings in Lithuanian railway lines. Proc. 8th Int. Conf. “Environmental Engineering”: Selected paper. Vilnius, 2011, issue 3, pp. 1077-1081.
6. Koppel O. Traffic Safety Management at Single-Level Road. Proc. 27th Int. Baltic Road Conf. “Railway Crossings: Estonian Experience” Available at: http://www.mnt.ee/bra/conference27/html/index_c2.htm. (Accessed 17 February 2012).
7. Rakotonairy A., Soole D., Larue G. Use of ITS improve level crossings safety. Proc. 11th Level Crossing Symp. Tokyo, 2010, pp. 38-51.
8. Savage I. Does public education improve rail-highway crossing safety? *Accident Analysis and Prevention*, 2006, vol. 38, no. 2, pp. 310-316.
9. Seise A., Kallberg V-P., Silla A. The effect of speed bumps on driving speeds at road-railway level crossings. Proc. 11th Level Crossing Symp. Tokyo, 2010, pp. 8-17.
10. Silla A.; Kallberg V-P. The development of railway safety in Finland. *Accident Analysis and Prevention*, 2012, vol. 45, pp. 737- 744.
11. Statistics of valid traffic accidents in Lithuania, 2006-2011. Lithuanian Road Administration under the Ministry of Transport and Communications Publ., Vilnius, 2012, 26 p.
12. Tey L.S., Ferreira L., Wallace A. Measuring driver responses at railway level crossings. *Accident Analysis and Prevention*, 2011, vol. 43, pp. 2134-2141.
13. Terry Spicer. Using Legislation as a Means of Improving Shared Responsibility at Railway Level Crossings. Proc. 11th World Level Crossing Symposium “The Status of Level Crossing Safety Management Countermeasures”. Tokyo, 2010, pp.1-3.
14. The statistics of recorded traffic accidents in Lithuania in 2007-2010 years. Lithuanian Road Administration under the Ministry of Transportation Publ., Vilnius, 2011, 12 p.

Статья рекомендована к публикации д.т.н., проф. Л. П. Лингайтисом (Литва); к.т.н., доц. К. В. Гончаровым (Украина)

Поступила в редколлегию 01.11.2012

Принята к печати 22.02.2013

УДК 656.259.1:629.4.027.5

С. Ю. БУРЯК^{1*}

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

ДИАГНОСТИРОВАНИЕ СОСТОЯНИЯ ПОВЕРХНОСТИ КАТАНИЯ КОЛЕСА ПОДВИЖНОГО СОСТАВА ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ

Цель. В настоящее время серьёзной проблемой является разрушительное воздействие колес с дефектами на рельсы во время движения. Этот фактор выступает одним из решающих, обуславливающих необходимость перехода от традиционных ручных методов проверки и внешнего осмотра к автоматизированной системе диагностики подвижного состава во время эксплуатации. **Методика.** Для достижения этой цели рассмотрены основные виды повреждений колёсных пар и пути их появления. Приведены методы определения дефектов и отклонений от нормы поверхности катания колеса, которые используются в настоящее время в зарубежной практике и практике стран СНГ, а также их преимущества и недостатки. **Результаты.** Исследован и проанализирован звуковой сигнал движущегося колеса с дефектом. Обоснована необходимость использования автоматизированной системы, которая позволит значительно уменьшить влияние человеческого фактора. **Научная новизна.** Предложен собственный метод определения повреждений поверхности катания колес на основании диагностирования по звуку. **Практическая значимость.** Автоматизация системы слежения за состоянием колес подвижного состава позволяет более качественно производить их диагностику, выявлять повреждения на ранних стадиях и давать прогноз скорости их развития. При этом, кроме указания в подвижном составе колеса с дефектом, также есть возможность проследить динамику развития повреждения и выдать рекомендации по его устранению.

Ключевые слова: колесная пара; диагностирование по звуку; дефекты поверхности катания; повреждения колесных пар; автоматизированные системы определения дефектов

Введение

Рост объема перевозок, повышение скорости движения и тоннажа поездов заставляют обращать все большее внимание на оперативный контроль состояния ответственных частей подвижного состава. Решение задачи может быть, в частности, достигнуто путем создания ряда измерительных устройств, располагаемых на железнодорожном пути и вблизи него, и способных выполнять измерения непосредственно при движении поезда.

Одними из ответственных компонентов локомотивов и вагонов являются колесные пары. Несоответствие геометрических размеров колесных пар техническим нормам может привести к авариям. Колеса выполняют ряд функций, важных с точки зрения безопасности движения поездов: восприятие нагрузок от кузова и тележек подвижного состава; направление движения тележек в рельсовой колеи; направление и вписывание подвижного состава в кри-

вые; обеспечение (в большинстве случаев) работы тормозов.

На техническое обслуживание и ремонт колесных пар в настоящее время приходится порядка 30 % всех затрат служб подвижного состава железных дорог. Большая их часть относится к затратам на восстановление профиля поверхности катания эксплуатируемых и замену изношенных или повреждённых колес.

В современных условиях интенсивного движения поездов автоматизация выявления технических неисправностей вагонов в эксплуатации имеет особое значение. Визуальный метод ненадежен и малопроизводителен. Значительные затраты на измерение износа вручную, а также простой подвижного состава при выполнении измерений, вынуждают проводить эти работы с большими интервалами времени. Автоматизация позволяет выполнять эти измерения в несколько раз быстрее. При этом обеспечивается повышенная точность измерений и возможность планирования технического обслуживания.

АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ НА ТРАНСПОРТІ

Цель работы

В настоящее время существует острая необходимость автоматизации процессов технического обслуживания подвижного состава, которые бы позволили сократить время пребывания подвижного состава на станции. Оптимальным вариантом автоматизированной диагностики является дистанционная диагностика во время эксплуатации.

Необходимо провести анализ существующих методов определения повреждений поверхности катания колес и их соответствие современным условиям эксплуатации, а кроме этого, на основании имеющегося опыта применения систем такого типа предложить свой метод, основанный на ударной диагностике.

Причины возникновения повреждений колёсных пар

Возникающие при качении стали по стали статические и динамические силы взаимодействия между подвижным составом и железнодорожным путем передаются через зону контакта, площадь которой составляет около одного квадратного сантиметра. В поверхностной части этой зоны возникают контактные напряжения и напряжения сдвига, величина которых может превышать предел текучести металла. Этим экстремальным нагрузкам противостоит упрочнение металла, сопровождающееся, однако, износом как колеса, так и рельса.

На первом этапе процесса износа происходит упрочнение зоны контакта в результате наклепа. При дальнейшем увеличении числа циклов нагружения возможны усталостные явления. В результате накопления напряжений происходит постепенное разрушение металла вплоть до его выкрашивания в некоторых местах. Типичными примерами таких повреждений являются сетка поверхностных трещин на головке рельса и выкрашивание металла на поверхности катания колес [6].

Под воздействием неровностей верхнего строения пути и на поверхности катания колес колесная пара совершает сложные пространственные перемещения, которые через буксы и рессорное подвешивание передаются тележке и кузову. Конусность поверхности катания колес

и подуклонка рельсов способствуют прямолинейному движению экипажа в прямых участках без набегания гребня колес на рельсы. Она же облегчает вписывание экипажа в кривые, компенсируя разность касательной скорости колес, катящихся по наружному и внутреннему рельсам, до того момента, пока наружное колесо не начнет направляться наружной рельсовой нитью. С этого момента колесо начинает проскальзывать по рельсу и возникают дополнительные поперечные силы между гребнем колеса и рабочей гранью наружного рельса. Это приводит к повышенному боковому износу рельсов и гребней колес, скрипу, уширению колеи и возникновению условий для вкатывания колеса на рельс [5, 1].

Ползуны и мартенсит в зонах теплового воздействия возникают в результате буксования и проскальзывания колесных пар. В этих зонах при указанных явлениях температура зачастую превышает 800 °С, что вызывает аустенитные превращения в колесной стали с образованием относительно мягкой высокотемпературной фазы, которая не способна выдерживать высокие эксплуатационные нагрузки, а затем и ползунов. Ползуны, если они не удалены своевременно при обточке колес, обуславливают повышение динамических (вплоть до ударных) нагрузок на колеса и рельсы и увеличивают вероятность их повреждения.

Когда буксование или проскальзывание прекращается, образовавшийся аустенит быстро охлаждается и, если скорость охлаждения достаточно высока, преобразуется в мартенсит, структуру твердую и хрупкую.

При этом в металле трещины часто развиваются вследствие экстремально высоких напряжений, возникающих при мартенситном превращении. Трещины, если их не удалить при перепрофилировании колес, распространяются, вызывая возникновение раковин и, в крайних случаях, излом колеса.

В процессе качения колеса по рельсу трещины увеличиваются и объединяются. Образующиеся при этом чешуйки металла могут деформироваться и сдвигаться с частичным взаимным перекрытием. Это приводит к выкрашиванию и растрескиванию поверхности катания. Дефекты поверхности катания способствуют увеличению динамических ударных

АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ НА ТРАНСПОРТІ

нагрузок на колесо, в результате чего трещины и иные дефекты распространяются по всей поверхности катания колеса [4, 6].

Методы определения дефектов поверхности катания колёсных пар

До сих пор износ измеряют вручную. Значительные затраты на эти работы, а также простои подвижного состава при выполнении измерений, вынуждают проводить эти работы с большими интервалами времени. Автоматизация позволяет выполнять эти измерения за несколько минут. При этом обеспечивается повышенная точность измерений и возможность планирования технического обслуживания.

Контроль колес с целью обнаружения некруглостей и ползунов является основным условием обеспечения безопасности движения, особенно для высокоскоростных поездов [9]. Некруглость колеса может стать причиной повреждений пути или ходовой части подвижного состава, снижения плавности хода и увеличения опасности схода с рельсов.

Существует несколько видов автоматизированного контроля колёс. Среди них наибольшее распространение получили такие системы, как «ARGUS» (разработана немецкой компанией «Hegenscheidt-MFD», Эркеленц), «ДИСК-К» и системы бесконтактного контроля «TreadView» (компания «AEA Technology Rail», Великобритания), «WPMS» («Lynxrail», Австралия), «WheelSpec» («Imagemap», США), «GeoTech» (разработана итальянской компанией «Tech-pogamma», выпускается компанией «Proximaat», Нидерланды).

Измерительная система «ARGUS» обмеряет и обследует колеса рельсового подвижного состава в движении. Установка длиной 20 м работает в специализированном депо «Берлин-Руммельсбург», обслуживающем поезда «ICE». Все измерения на поезде длиной 400 м, движущемся со скоростью около 10 км/ч, выполняются в течение 3 мин. Принцип измерения механический, и основан на том, что вершина гребня не изнашивается, а поэтому отклонение от нормы высоты гребня идентично отклонению круга катания от идеальной окружности и несет в себе информацию о величине некруглостей и глубине ползунов. Используется измерительная

балка (рис. 1), опусканию которой при нажатии на нее вершины гребня противодействует давление сжатого воздуха.

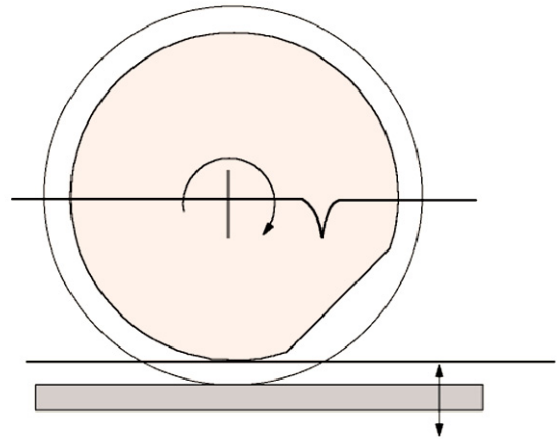


Рис. 1. Определение высоты гребня с помощью измерительной балки

Несмотря на то, что данный метод обладает высокой надежностью и достоверностью, он является устаревшим, поскольку используется контактный метод, который требует введения дополнительных ограничений при проведении диагностики, таких, например, как ограничение скорости движения, требования к профилю и плану пути. Тем не менее он вполне может конкурировать с оптическим или основанным на измерении действующих сил [8].

Аппаратура «ДИСК-К» предназначена для обнаружения во время движения поезда дефектов поверхности катания колес, вызывающих ударное воздействие колеса на рельс. Вследствие ударов колеса с дефектами по рельсу в последнем возникают ускорения, которые измеряются пьезоэлектрическими датчиками (пьезоакселерометрами). Они преобразуют динамическое воздействие колеса на рельс в электрический сигнал. Структурная схема аппаратуры «ДИСК-К» представлена на рис 2 [3].

Системы же, работающие на принципе бесконтактного оптического измерения, позволяют выявлять дефекты колеса задолго до того, как они могут стать причиной аварии.

Достоинство таких систем – возможность проведения измерений при текущей скорости движения подвижного состава. Недостатки связаны с тем, что освещение поверхности колеса в косых пучках при наклонном падении

АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ НА ТРАНСПОРТІ

сканирующего лазерного луча на поверхность колеса приводит к появлению дополнительных искажений, обусловленных изменением угла падения луча, и, как следствие, к возникновению дополнительных ошибок измерения.

На точность измерений влияет солнечный свет. Частично разработчики решили эту проблему установкой узкополосных фильтров. Максимальные значения скорости подвижного состава, при которых выполняются измерения, заявленные компаниями-производителями систем, не превышают 100 км/ч. Реально они еще ниже.

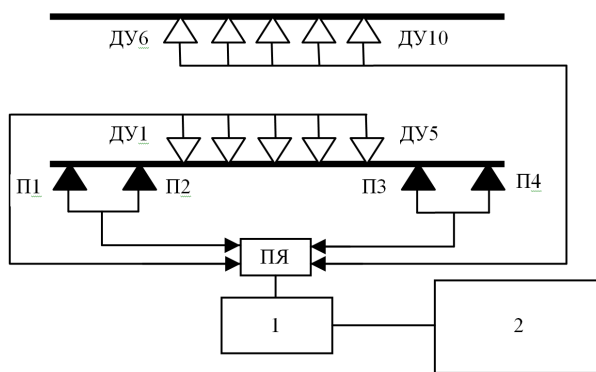


Рис. 2. Структурная схема аппаратуры «ДИСК-К»: 1 – постовая аппаратура; 2 – станционная аппаратура

Для исключения возможных ошибок, возникающих при освещении поверхности колеса под углом, необходимо изменять геометрию рельса, что влияет на его прочность.

К примеру, система «EVA» (рис. 3) для компенсации модификации рельса, вызванной расположением лазера и камеры ниже УГР, применяет дополнительные направляющие и защитные элементы. Следствием такого подхода является низкая скорость проведения измерений, которая не превышает 15 км/ч.

Одной из современных тенденций организации систем мониторинга колесных пар является интегрирование в рамках единого комплекса функций нескольких модулей, обеспечивающих получение полной информации о параметрах колесной пары. Примером может служить комплексная система «WISE» (компания «IEM», США), которая показана на рис. 4.

Кроме устройств измерения профиля и диаметра колеса, система «WISE» также включает

модули определения дефектов колеса и измерения проката и овальности. Принцип действия модуля определения дефектов основан на использовании электромагнитных ультразвуковых датчиков. Первый датчик генерирует волну, распространяющуюся в поверхностном слое колеса и обтекающую его по окружности, при этом параметры волны выбираются с учетом глубины ее проникновения в колесо и чувствительности к дефектам. Отраженный от дефекта сигнал принимается вторым датчиком.

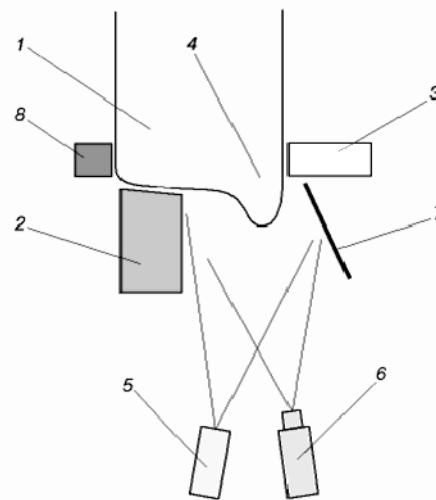


Рис. 3. Система «EVA»: 1 – колесо; 2 – направляющая плита; 3 – защитный рельс; 4 – гребень; 5 – лазер; 6 – камера; 7 – зеркало; 8 – датчик положения колеса

Весь комплекс измерений проводится при скорости подвижного состава 8 км/ч [2].

Диагностирование поверхности катания колеса по звуку во время движения

Рассмотренные методы проведения автоматизированного контроля состояния колесных пар имеют как достоинства, так и недостатки, и нельзя однозначно отдать предпочтение тому или иному методу. При этом, кроме сложности устройства, точности измерений и требований по ограничению скорости проведения диагностирования ещё нужно учитывать и стоимость разработки, условия установки, требования к обслуживанию, сложность обслуживания, периодичность проверок и тестовых испытаний.

Неизменным остаётся лишь тот факт, что поиск дефектов поверхности катания колеса должен быть непрерывным автоматизирован-

АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ НА ТРАНСПОРТІ

ным процессом без вмешательства человека в процесс диагностирования, а лишь при решении возникших проблем. Это вызвано тем, что во время проведения осмотра колеса из-за конструктивных особенностей тележки и с учётом участка в зоне контакта колеса с рельсом, не осмотренной частью колеса остаётся более 50 % – у пассажирских и 40 % – у грузовых поездов.

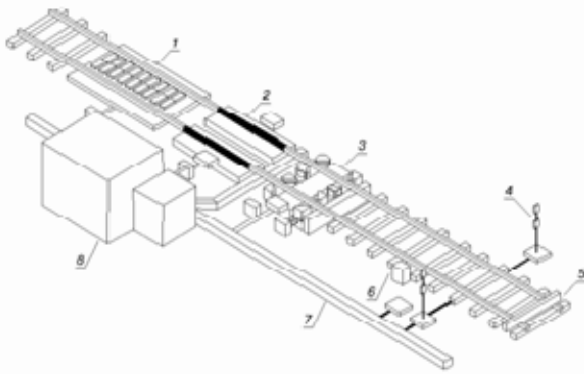


Рис. 4. Комплексная система контроля колесных пар «WISE»: 1 – модуль измерения проката и овальности; 2 – модуль определения дефектов колеса; 3 – модуль WISE для измерения профиля и диаметра колеса; 4 – датчик положения состава; 5 – датчик наличия посторонних предметов; 6 – модуль автоматической идентификации подвижного состава; 7 – канал для прокладки кабелей и волоконно-оптических световодов; 8 – помещение (бокс) для установки контрольно-измерительной аппаратуры

Любое перемещение колеса по рельсам сопровождается характерным звуком. При движении по прямому ровному участку идеальной колёсной пары звук от движения будет минимальным. Но, поскольку в процессе эксплуатации наблюдается незначительное различие в диаметрах колёс одной колёсной пары, то, даже, на прямом участке пути, будет наблюдаться незначительное проскальзывание колеса, имеющего меньший диаметр, что становится причиной возникновения звуков. Что же касается прохождения кривых, то даже колёсная пара с абсолютно одинаковыми диаметрами колёс будет издавать скрип от проскальзывания одного колеса, идущего по внешнему рельсу, поскольку диаметр внутреннего рельса меньше и второе колесо стремится пройти его быстрее. Это происходит из-за отсутствия дифференциации колёс в колёсной паре. При набегании колеса, имеющего дефект поверхности катания, на го-

ловку рельса происходит соударение контактирующих поверхностей, сопровождающееся характерным звуком.

Для проведения испытаний, связанных с записью звука, сопровождающего движущийся подвижной состав, был выбран участок пути, лежащий за входным светофором Н станции, за которым расположен весомер, и поэтому скорость на данном участке ограничена 15 км/ч для грузовых поездов, что делает начальные условия для проведения испытаний колёс одинаковыми. Микрофон М устанавливался на расстоянии 760 мм от головки рельса нечётного пути двухпутного участка (рис. 5) на удалении 2 м от стыка.

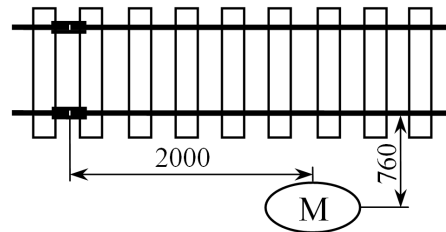


Рис. 5. Расположение микрофона во время записи звуков, исходящих при прохождении подвижного состава

Выбор расстояния производился с учётом ширины колеи 1520 мм и предположением дальнейшей установки микрофона в середине пути для одновременной записи от обеих сторон подвижного состава.

Весомер, в свою очередь, выполняет посредством встроенных тензодатчиков замеры изменений сил нагрузки на рельс, о чём сообщает в виде шифрограмм. Шифрограмма оформляется в виде телеграммы – натурального листа, в котором указывается нагрузка на ось, её порядковый номер, а также по девятибалльной шкале нестабильности нагрузки от колеса. Следует отметить, что длина поверхности катания колеса составляет 2983 мм, а зоны контроля весомера – 600 мм. Таким образом, проверенная тензодатчиками весомера часть колеса составляет всего 20,114 % от общей поверхности катания, что не обеспечивает должным образом контроль за состоянием поверхности катания колеса, который в полной мере должен быть проведен другими методами.

АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ НА ТРАНСПОРТІ

Результаты измерений

На рис. 6 показан сигнал, записанный при прохождении поезда, в составе которого находился вагон, имеющий дефект – ползун 0,7 мм.

Данный дефект в таком размере, согласно существующим инструкциям, не требует выполнения каких-либо действий со стороны работников железной дороги. Тем не менее, звуковое диагностирование даёт возможность выявлять и следить за развитием подобного рода дефектов на ранних стадиях развития.

На рис. 6 первые два повышения уровня звука до 20 дБ соответствуют прохождению стыкового соединения двух осей первого полувагона в составе поезда. Следующее резкое усиление звука до 60 дБ соответствует приближению второй оси правой стороны с ползуном. Четыре последних повышения уровня звука до 20 дБ возникли из-за прохождения по стыковому соединению рельсовых звеньев следующего полувагона.

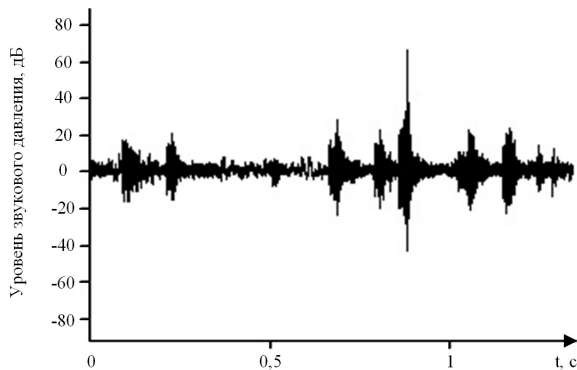


Рис. 6. Звуковая дорожка, записанная при прохождении подвижного состава с дефектом поверхности катания колеса

Следует также учесть, что при проведении записи звуков подвижного состава в движении весомером не был зафиксирован указанный выше недостаток, поскольку данный дефект не попал в зону контроля весомера.

Выводы

Для повышения надежности эксплуатации подвижного состава необходима система контроля состояния колесных пар, которая позволяет проводить диагностику во время движения

локомотива, а данные передавать работникам станции с предварительным указанием мест возникновения повреждений, возможных причин и рекомендаций по устранению выявленных дефектов.

Отметим, что большинство существующих методов диагностики поверхности катания колес требуют снижения скорости движения, а также имеют сложное техническое исполнение. Ударная же диагностика позволяет возложить сложность оборудования и трудности напольной установки на программный анализ сигналов, полученных во время движения подвижного состава без каких-либо требований к условиям эксплуатации.

Данная система позволит сократить время нахождения подвижного состава на станции для проведения технического осмотра. Кроме этого, увеличивается качество проведения контроля состояния подвижного состава за счет устранения человеческого фактора.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Биттибаев, С. М. Некоторые вопросы оценки прочностной надежности колесных пар подвижного состава / С. М. Биттибаев, А. К. Кажигулов, С. К. Кулжанов, Р. В. Айдарбаев // Вестн. Каз. акад. трансп. и коммуникаций им М. Тынышпаева. – 2006. – № 2. – С. 7–12.
2. Венедиктов, А. З. Бесконтактный контроль параметров колесных пар / А. З. Венедиктов // Железные дороги мира. – 2004. – № 10. – С. 61–65.
3. Диагностика технического состояния вагонов. Железнодорожные вагоны. Введение в дисциплину [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.vagoni-jd.ru/razdel_12.6%20diagnostika.php. – Загл. с экрана.
4. Кассиди, Ф. Перспективные материалы для изготовления колес / Ф. Кассиди // Железные дороги мира. – 2002. – № 5. – С. 40–41.
5. Краушав, Ф. Колеса во взаимодействии с рельсами / Ф. Краушав // Железные дороги мира. – 1998. – № 11. – С. 66–69.
6. Марков, Д. П. Контактная усталость колес и рельсов / Д. П. Марков // Вестник ВНИИЖТ. – № 6. – М. : ВНИИЖТ, 2001. – С. 8–14.
7. Луке, М. Стенд для исследования системы

АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ НА ТРАНСПОРТІ

- колесо–рельс [Электронный ресурс] / М. Лыке // Железные дороги мира. – 2005. – № 4. – С. 41–46. – Режим доступа: <http://www.zdmira.com/arhiv/2005/zdm-2005-no-04> ТОО--5. – Загл. с экрана.
8. Хаушилд, Г. Автоматическая диагностика колесных пар с помощью системы ARGUS / Ф. Кассиди // Железные дороги мира. – 2001. – № 12. – С. 36–42.
9. Moynihan, T. W. Railway Safety Technologies [Virtual Resource] / T. W. Moynihan, G. W. English // Research and Traffic Group. – 2007. – July. – 62 p. - Access Mode : URL : http://www.tc.gc.ca/media/documents/railsafety/exsmtechnologies%28res_trffc_grp%29_eng.pdf. – Title from Screen. – Date of Access: 25 January 2013.

С. Ю. БУРЯК^{1*}

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

ДІАГНОСТУВАННЯ СТАНУ ПОВЕРХНІ КОЧЕННЯ КОЛЕСА РУХОМОГО СКЛАДУ ЗАЛІЗНИЦЬ

Мета. На даний час великою проблемою є руйнуючий вплив коліс з дефектами на рейки під час руху. Цей фактор є одним з вирішальних, які обумовлюють необхідність переходу від традиційних ручних методів перевірки і зовнішнього огляду до автоматизованої системи діагностики рухомого складу під час експлуатації. **Методика.** Для досягнення цієї цілі розглянуті основні види пошкоджень колісних пар та шляхи їх появи. Наведено методи виявлення дефектів та відхилень від норми поверхні кочення колеса, які застосовуються в теперішній час в закордонній практиці та практиці країн СНД, також їх переваги та недоліки. **Результати.** Досліджений та проаналізований звуковий сигнал колеса з дефектом в русі. Обґрунтована необхідність використання автоматизованої системи, яка дозволяє значно зменшити вплив людського фактору. **Наукова новизна.** Запропоновано власний метод виявлення пошкоджень поверхні кочення колеса на основі діагностування за звуком. **Практична значимість.** Автоматизація системи стеження за станом коліс рухомого складу дозволяє більш якісно проводити діагностику їх пошкоджень, виявляти пошкодження на початкових стадіях і давати прогноз швидкості їх розвитку. При цьому, крім вказування місця знаходження пошкоджень у складі коліс, які мають дефекти, також є можливість прослідкувати динаміку їх розвитку та видавати рекомендації щодо їх усунення.

Ключові слова: колісні пари; діагностування за звуком; дефекти поверхні кочення; пошкодження колісних пар; автоматизовані системи визначення дефектів

S. YU. BURYAK^{1*}

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

DIAGNOSTICS OF THE WHEEL THREAD OF RAILWAY ROLLING STOCK

Purpose. At present, the devastating impact of faulty wheels on rails on the move is a major problem of railway transport. This factor is one of the most important, which causes the shift from traditional manual methods of verification and external examination to the automated diagnostic system of rolling stock in operation. **Methodology.** To achieve this goal the main types of wheel damages and the way they appear are analyzed. The methods for defects and abnormalities of the wheel thread determining as well as their advantages and disadvantages were presented. Nowadays these methods are under usage in both the international practice and in the one of the CIS countries.

АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ НА ТРАНСПОРТІ

Findings. The faulty wheel sound on the move was researched and analyzed. The necessity of using the automated system, enabling one to reduce significantly the human factor is substantiated. **Originality.** The method to determine the wheel thread damage on the basis of a sound diagnostic is proposed. **Practical value.** Automatic tracking system of the wheels condition allows performing their more qualitative diagnostics, detecting a fault at the early stage and forecasting the rate of its extension. Besides detecting the location of the faulty wheel in the rolling stock, it is also possible to trace the dynamics of the fault extension and to give the recommendations on how to eliminate it.

Keywords: wheel set; sound diagnostics; defects of the wheel thread; wheel set damages; automated system of defect detection

REFERENCES

1. Bittibaev S.M., Kazhigulov A.K., Kulzhanov S.K., Aydarbayev R.V. Nekotoryye voprosy otsenki prochnostnoy nadezhnosti kolesnykh par podvizhnogo sostava [Some problems of strength reliability assessment of the rolling stock wheel set]. *Vestnik Kazakhskoy akademii transporta i kommunikatsiy imeni M. Tynyshpayeva – Bulletin of the Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpayev*, 2006, no. 2, pp. 7-12.
2. Venediktov A.Z. Beskontaktnyy kontrol parametrov kolesnykh par [Noncontact inspection of the wheelset parameters]. *Zheleznyye dorogi mira – Railways of the world*, 2004, no.10, pp. 61-65.
3. *Diagnostika tekhnicheskogo sostoyaniya vagonov. Zheleznodorozhnyye vagony. Vvedeniye v disciplinu* (Diagnostics of the car technical condition. Railway wagons. Introduction to the discipline) Available at: http://www.vagoni-jd.ru/razdel_12.6%20diagnostika.php (accessed 25 January 2013).
4. Kassidi F. Perspektivnyye materialy dlya izgotovleniya koles [Promising materials for wheel manufacturing]. *Zheleznyye dorogi mira – Railways of the world*, 2002, no. 5, pp. 40-41.
5. Kraushav F. Kolesa vo vzaimodeystvii s relsami [Wheels in interaction with rails]. *Zheleznyye dorogi mira – Railways of the world*, 1998, no. 11, pp. 66-69.
6. Markov D.P. Kontaktnaya ustalost koles i relsov [Contact fatigue of wheels and rails], *Vestnik VNIIZHT – VNIIZHT Bulletin* (Bulletin of the Railway Research Institute), 2001, no. 6, pp. 8-14.
7. Luke M. Stend dlya issledovaniya sistemy koleso-rels (Testbench for wheel-rail system research). *Zheleznyye dorogi mira – Railways of the world*, 2005, no. 4, pp. 41-46. Available at: <http://www.zdmira.com/arhiv/2005/zdm-2005-no-04 TOC--5> (Accessed 25 January 2013).
8. Khaushild H. Avtomaticheskaya diagnostika kolesnykh par s pomoshchyu sistemy ARGUS [Automatic diagnostics of wheelset with the ARGUS system]. *Zheleznyye dorogi mira – Railways of the world*, 2001, no. 12, pp. 36-42.
9. Moynihan T.W., English G. W. Railway Safety Technologies. *Research and Traffic Group*, 2007. 62 p. Available at: URL: http://www.tc.gc.ca/media/documents/railsafety/exsmtechnologies%28res_trffc_grp%29_eng.pdf. (Accessed 25 January 2013).

Статья рекомендована к публикации д.ф.-м.н., проф. В. И. Гаврилюком (Украина),
д.ф.-м.н., проф. А. В. Коваленко (Украина)

Поступила в редколлегию 01.10.2012

Принята к печати 21.02.2013

УДК 656.259.2

К. В. ГОНЧАРОВ^{1*}

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

СИНТЕЗ ЦИФРОВОГО ЛОКОМОТИВНОГО ПРИЕМНИКА АВТОМАТИЧЕСКОЙ ЛОКОМОТИВНОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ

Цель. Автоматическая локомотивная сигнализация непрерывного типа с числовым кодированием (АЛСН) имеет ряд недостатков: малую значность сигнализации, низкую помехоустойчивость, высокую инерционность, низкую функциональную гибкость. Необходим поиск новых, более совершенных методов обработки сигналов автоматической локомотивной сигнализации, синтез помехоустойчивого цифрового локомотивного приемника АЛСН. **Методика.** Предложенный алгоритм обнаружения и различения сигналов локомотивной сигнализации базируется на определении взаимных корреляций принятого колебания и опорных сигналов. Для выбора пороговых уровней решающего устройства был сформулирован следующий критерий: локомотивный приемник должен установить максимально правильное решение при заданной вероятности опасной ошибки. **Результаты.** Установлено, что случайный характер амплитуды сигнала АЛСН не влияет на алгоритм обнаружения. В то же время закон распределения и числовые характеристики амплитуды сигнала влияют на вероятность появления ошибок, а также учитываются при выборе пороговых уровней. В соответствии с полученным алгоритмом обнаружения и различения сигналов АЛСН был синтезирован цифровой локомотивный приемник, содержащий полосовой фильтр, амплитудный ограничитель, нормирующий усилитель со схемой автоматической регулировки усиления, аналого-цифровой преобразователь и цифровой сигнальный процессор. **Научная новизна.** Усовершенствована система АЛСН путем перевода технических средств на современную микроэлектронную элементную базу, применены более совершенные методы обнаружения и различения сигналов локомотивной сигнализации. **Практическая значимость.** Использование цифровых технологий при построении локомотивного приемника АЛСН позволит расширить его функциональные возможности, обеспечит повышение помехозащищенности и устойчивости функционирования системы локомотивной сигнализации в условиях воздействия различных дестабилизирующих факторов.

Ключевые слова: автоматическая локомотивная сигнализация; помехи; критерий обнаружения и различения сигналов; согласованный фильтр

Введение

Автоматическая локомотивная сигнализация (АЛС) предназначена для обеспечения безопасности движения поездов и улучшения условий труда локомотивных бригад. Устройства АЛС осуществляют передачу сигнальных показаний путевых светофоров в кабину машиниста и отображение этих показаний на локомотивном светофоре. Кроме этого, система АЛС выполняет контроль скорости поезда и проверку бдительности машиниста. В случае превышения допустимой скорости движения или неподтверждения машинистом бдительности осуществляется торможение поезда.

На железных дорогах Украины наиболее широко применяется автоматическая локомотивная сигнализация непрерывного типа с числовым кодированием (АЛСН) [1, 5]. В такой системе

для передачи информации о показаниях впереди лежащих путевых светофоров применяются три кодовые комбинации электрических сигналов, которые посылаются в рельсовую цепь навстречу поезду. В качестве селективных признаков таких сигналов применяются временные параметры передаваемых импульсов, а также количество импульсов в кодовом цикле.

Система АЛСН имеет ряд недостатков: малую значность сигнализации, низкую помехоустойчивость, высокую инерционность. Особенно сильно данные недостатки проявляются в условиях скоростного движения поездов. Кроме этого, устройства АЛСН разрабатывались в середине прошлого века на основе релейной и дискретной электронной элементной базы, что обуславливает их высокую стоимость, низкую функциональную гибкость, значительные эксплуатационные расходы на

АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ НА ТРАНСПОРТІ

техническое обслуживание. Например, проверка релейного дешифратора числового кода АЛСН представляет собой сложный и трудоемкий процесс, связанный с измерением электрических, временных и механических параметров, входящих в состав дешифратора реле [5]. В связи с этим задача модернизации устройств автоматической локомотивной сигнализации является актуальной.

Один из путей совершенствования системы АЛСН связан с переводом технических средств на более надежную микроэлектронную элементную базу. Современный уровень развития цифровых сигнальных процессоров (ЦСП) [2] позволяет строить на их основе компактные надежные устройства, выполняющие довольно сложные алгоритмы цифровой обработки сигналов. Использование цифровых технологий при построении локомотивного приемника позволит расширить его функциональные возможности, снизить энерго- и материалоемкость аппаратуры, упростить техническое обслуживание. Применение новых, более совершенных алгоритмов обработки сигналов АЛСН, реализация которых на старой элементной базе была затруднительной или принципиально невозможной, обеспечит повышение помехозащищенности и устойчивости функционирования системы локомотивной сигнализации в условиях воздействия различных дестабилизирующих факторов.

В работах [3, 4, 9] рассматриваются вопросы совершенствования локомотивного приемника АЛСН. Для повышения помехоустойчивости предлагается использовать дополнительную обработку сигналов АЛС: определение эффективного значения напряжения сигналов числового кода, дополнительную фильтрацию, временную селекцию сигналов [3, 4]. В работе [9] предлагается выполнять дешифрирование кода АЛС по спектральному признаку. Для этого в локомотивном приемнике должна определяться спектральная характеристика полученного сигнала, сравнивается с эталонными характеристиками различных числовых кодов. Предложенные методы обработки сигналов АЛС базируются на детерминированных подходах. В то же время на вход локомотивного приемника поступает аддитивная смесь случайной помехи и кодового сигнала со случайной амплитудой. Поэтому для обработки сигналов АЛС целесообразно использовать статистические методы [6].

Цель работы

Целью данной работы является поиск новых более совершенных методов обработки сигналов автоматической локомотивной сигнализации, синтез помехоустойчивого цифрового локомотивного приемника АЛСН.

Критерий обнаружения и различения сигналов АЛСН

В системе АЛСН для передачи на локомотив информации о показаниях впередилежащих светофоров применяются электрические сигналы с различным числом импульсов переменного тока в кодовом цикле. При приближении поезда к светофору с зеленым огнем передается код «З», содержащий три импульса в кодовом цикле (рис. 1, а), к светофору с желтым огнем – код «Ж» с двумя импульсами в цикле (рис. 1, б). Если впереди поезда расположен светофор с красным огнем, то в рельсовую линию посылается код «КЖ», в каждом цикле которого передается один импульс (рис. 1, в), причем длительность цикла в два раза меньше, чем для кода «З» и «Ж». При движении поезда по занятому блок-участку сигнал АЛС отсутствует. Длительность импульсов и пауз для различных кодовых сигналов задается передающим устройством АЛСН, в качестве которого применяется кодовый путевой трансмиттер. Для разделения кодовых циклов между ними передается длинный интервал. Сигналы АЛС наводятся в приемных катушках локомотива и поступают на вход локомотивного приемника. Вместе с полезным сигналом на вход приемника поступают различные помехи, создаваемые тяговым током, линиями электропередач и другими источниками. Таким образом, локомотивный приемник решает задачи обнаружения сигнала АЛСН на фоне помех и различения сигналов АЛСН между собой.

На вход локомотивного приемника поступает реализация случайного сигнала $\xi(t)$, представляющая собой аддитивную смесь сигнала локомотивной сигнализации и помехи

$$\xi(t) = \theta \cdot s_i(t, \bar{\lambda}_i) + n(t), \quad 0 \leq t \leq T, \quad (1)$$

где θ – параметр обнаружения сигнала АЛС ($\theta = 1$ – при наличии, $\theta = 0$ – при отсутствии сигнала); $s_i(t, \bar{\lambda}_i)$ – один из трех кодовых

АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ НА ТРАНСПОРТІ

сигналов АЛС; $i = \overline{1,3}$; $\overline{\lambda}_i = \{A_i, \tau_i, \varphi_i\}$ – вектор случайных параметров принятого сигнала; A_i – амплитуда сигнала; τ_i – время появления сигнала; φ_i – фаза сигнала; $n(t)$ – аддитивная помеха; T – интервал наблюдения. В результате анализа принятого колебания $\xi(t)$ приемник принимает одно из четырех решений (гипотез):

- H_0 – сигнал АЛСН отсутствует ($\theta = 0$);
- H_1 – получен сигнал $s_1(t)$ (код «З»);
- H_2 – получен сигнал $s_2(t)$ (код «Ж»);
- H_3 – получен сигнал $s_3(t)$ (код «КЖ»).

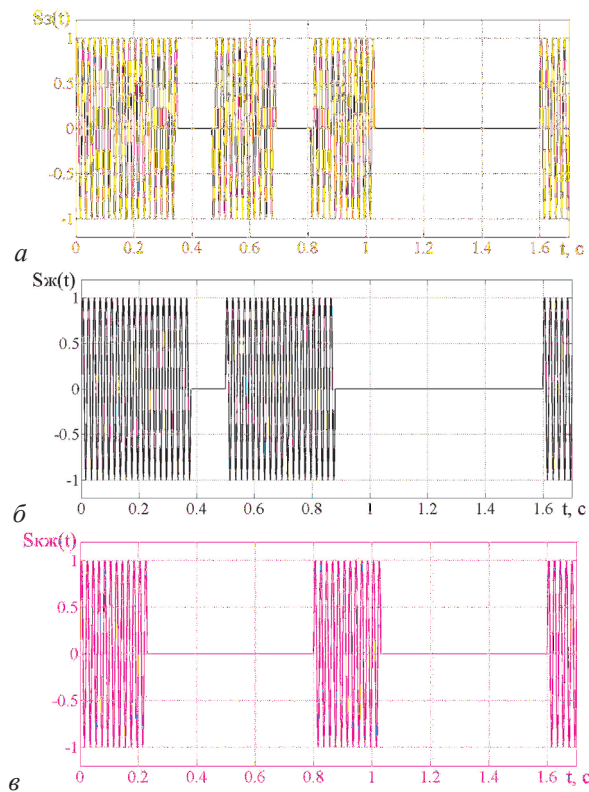


Рис. 1. Числовые кодовые сигналы АЛСН:
а – код «З»; б – код «Ж»; в – код «КЖ»

В результате действия помех и других дестабилизирующих факторов при принятии решения приемник может совершать ошибки. Разделим все возможные ошибки на две группы. К ошибкам первого рода отнесем неверные решения, приводящие к индикации на локомотивном светофоре более запрещающих показаний (неопасные ошибки):

1) передается код «З», а считается, что принят код «Ж» (обозначим вероятность такого события $P(H_2|s_1)$);

2) передается код «З», а считается, что принят код «КЖ» (вероятность $P(H_3|s_1)$);

3) передается код «З», а считается, что сигнал АЛС отсутствует (вероятность $P(H_0|s_1)$);

4) передается код «Ж», а считается, что принят код «КЖ» (вероятность $P(H_3|s_2)$);

5) передается код «Ж», а считается, что сигнал АЛС отсутствует (вероятность $P(H_0|s_2)$);

6) передается код «КЖ», а считается, что сигнал АЛС отсутствует (вероятность $P(H_0|s_3)$).

Так как перечисленные выше события являются несовместными, то результирующая вероятность ошибки первого рода равняется

$$P_I = P(H_2|s_1) + P(H_3|s_1) + P(H_0|s_1) + P(H_3|s_2) + P(H_0|s_2) + P(H_0|s_3). \quad (2)$$

К ошибкам второго рода отнесем неверные решения, приводящие к индикации на локомотивном светофоре более разрешающих показаний (опасные ошибки):

1) передается код «КЖ», а считается, что принят код «З» (вероятность $P(H_1|s_3)$);

2) передается код «КЖ», а считается, что принят код «Ж» (вероятность $P(H_2|s_3)$);

3) передается код «Ж», а считается, что принят код «З» (вероятность $P(H_1|s_2)$);

4) сигнал АЛС отсутствует, а считается, что принят код «З» (вероятность $P(H_1|\theta=0)$);

5) сигнал АЛС отсутствует, а считается, что принят код «Ж» (вероятность $P(H_2|\theta=0)$);

6) сигнал АЛС отсутствует, а считается, что принят код «КЖ» (вероятность $P(H_3|\theta=0)$).

Результирующая вероятность ошибки второго рода определяется выражением

$$P_{II} = P(H_1|s_3) + P(H_2|s_3) + P(H_1|s_2) + P(H_1|\theta=0) + P(H_2|\theta=0) + P(H_3|\theta=0). \quad (3)$$

Вероятность правильного решения равняется

$$P_D = 1 - P_I - P_{II}. \quad (4)$$

Можно сформулировать следующий критерий обнаружения и различения сигналов АЛСН:

АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ НА ТРАНСПОРТІ

локомотивный приемник должен установить максимально правильное решение P_D при заданной вероятности опасной ошибки P_{II} . Иными словами приемник должен обеспечивать как можно лучшую помехоустойчивость при заданном уровне функциональной безопасности.

Алгоритм обнаружения сигнала АЛСН

Локомотивный приемник выполняет обнаружение на фоне помех одного из сигналов АЛСН вида:

$$s_i(t, \bar{\lambda}) = \sum_{j=0}^N A_i \eta_i(t - \tau_i - jT_{\text{ц}}) \cos(\omega t + \varphi_i), \quad (5)$$

где ω – частота сигнала; N – количество циклов на интервале наблюдения; $T_{\text{ц}}$ – длительность цикла; $\eta_i(t - \tau_i - jT_{\text{ц}})$ – нормированная огибающая сигнала АЛСН, принимающая значения ноль или единица. Например, для кода «Ж», содержащего два импульса в цикле

$$\eta_2(t) = \begin{cases} 1, & 0 \leq t < t_{\text{иЖ}} \\ 0, & t_{\text{иЖ}} \leq t < t_{\text{иЖ}} + t_{\text{пЖ}} \\ 1, & t_{\text{иЖ}} + t_{\text{пЖ}} \leq t < 2t_{\text{иЖ}} + t_{\text{пЖ}} \\ 0, & 2t_{\text{иЖ}} + t_{\text{пЖ}} \leq t < T_{\text{ц}} \end{cases}, \quad (6)$$

где $t_{\text{иЖ}}$ и $t_{\text{пЖ}}$ – длительность импульсов и паузы в коде «Ж». Аналогично можно описать огибающую других кодовых сигналов.

Так как сигналы АЛСН периодические, то достаточно проанализировать только один период таких сигналов

$$s_i(t, \bar{\lambda}) = A_i \eta_i(t - \tau_i) \cos(\omega t + \varphi_i). \quad (7)$$

Степень правдоподобия той или иной гипотезы определяется ее апостериорной вероятностью [8]

$$P_{ps}(H_i) = P(H_i | \xi_0^T) = k P_{pr}(H_i) P(\xi_0^T | H_i), \quad (8)$$

где ξ_0^T – реализация входного сигнала приемника на интервале $[0, T]$; $P_{pr}(H_i)$ – априорная вероятность гипотезы H_i ; $L(H_i) = P(\xi_0^T | H_i)$ – функция правдоподобия гипотезы H_i . Коэффициент k определяется из условия нормировки. Решение о наличии сигнала s_i принимается,

если выполняется условие

$$P_{ps}(H_i) > P_{ps}(H_0). \quad (9)$$

На работу локомотивной сигнализации наиболее сильное влияние оказывают широкополосные импульсные помехи [1]. Поэтому в качестве модели аддитивной помехи $n(t)$ выберем белый гауссовский шум со спектральной плотностью N . В этом случае функция правдоподобия для гипотезы H_0 равняется [8]:

$$L(H_0) = \exp \left\{ -\frac{1}{N} \int_0^T \xi^2(t) dt \right\}. \quad (10)$$

Функция правдоподобия для гипотезы H_i определяется выражением [8]:

$$L(H_i) = \exp \left\{ -\frac{1}{N} \int_0^T (\xi(t) - s(t, \bar{\lambda}))^2 dt \right\}. \quad (11)$$

Энергия сигнала АЛС на интервале наблюдения $[0, T]$ равняется

$$E_i = \int_0^T s_i^2(t, \bar{\lambda}) dt = \frac{A_i^2 \alpha_i}{2}, \quad (12)$$

где α_i – эквивалентная длительность сигнала АЛСН на интервале $[0, T]$. С учетом этого получим

$$L(H_i) = \exp \left\{ -\frac{1}{N} \int_0^T \xi^2(t) dt \right\} \times \exp \left\{ -\frac{E_i}{N} + \frac{2}{N} \int_0^T \xi(t) s(t, \bar{\lambda}) dt \right\}. \quad (13)$$

Подставляя выражения (10), (13) в (8), (9), после упрощения получим условие обнаружения сигнала s_i

$$q_i = \int_0^T \xi(t) s_i(t, \bar{\lambda}_i) dt > \frac{N}{2} \ln \left(\frac{P_{pr}(H_0)}{P_{pr}(H_i)} \right) + \frac{E_i}{2} = h_i. \quad (14)$$

Таким образом, в локомотивном приемнике должна вычисляться взаимная корреляция q_i принятого колебания $\xi(t)$ и образцового сигнала s_i . Если q_i превышает пороговый уровень

АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ НА ТРАНСПОРТІ

h_i , то должно приниматься решение о наличии сигнала s_i .

При нахождении условия обнаружения (14) не учитывался случайный характер параметров сигнала s_i : амплитуды, фазы и времени появления. Известно, что при перемещении локомотива вдоль рельсовой цепи амплитуда сигнала АЛСН может изменяться в 10...15 раз [1]. Кроме этого, уровень сигнала АЛСН во многом зависит от сопротивления балласта рельсовой цепи, которое также может изменяться в значительных пределах при разных погодных условиях и различной степени загрязнения балласта. Для стабилизации амплитуды сигнала применяются локомотивные усилители с автоматической регулировкой усиления (АРУ). Благодаря этому уровень сигнала на выходе усилителя колеблется вблизи некоторого фиксированного значения. Поэтому будем считать, что амплитуда сигнала s_i распределена по нормальному закону:

$$P_{pr}(A_i) = \frac{1}{\sigma_{Ai}\sqrt{2\pi}} \exp\left\{-\frac{(A_i - m_{Ai})^2}{2\sigma_{Ai}^2}\right\}, \quad (15)$$

где m_{Ai} и σ_{Ai} – математическое ожидание и среднее квадратическое отклонение амплитуды.

Для устранения зависимости апостериорной вероятности гипотезы H_i от случайной величины A_i произведем усреднение по этой величине:

$$P_{ps}(H_i) = \int_0^\infty P_{pr}(A_i) P_{ps}(H_i, A_i) dA_i. \quad (16)$$

После интегрирования получим:

$$P_{ps}(H_i) = k_1 P_{pr}(H_i) \times \exp\left\{\frac{4\sigma_{Ai}^2 q_i^2 + 4m_{Ai} N q_i - m_{Ai}^2 N \alpha_i}{2N^2 + 2\sigma_{Ai}^2 N \alpha_i}\right\} \times \left\{\operatorname{erf}\left\{\frac{m_{Ai} N + 2\sigma_{Ai}^2 q_i}{\sigma_{Ai} \sqrt{2N^2 + 2\sigma_{Ai}^2 N \alpha_i}}\right\} + 1\right\}, \quad (17)$$

где $k_1 = \frac{k}{2} \sqrt{\frac{N}{N + \alpha_i \sigma_{Ai}^2}} \exp\left\{-\frac{1}{N} \int_0^T \xi^2(t) dt\right\}$,
а $\operatorname{erf}(x)$ – функция ошибок [7].

Кроме множителя $\exp\left\{-\frac{1}{N} \int_0^T \xi^2(t) dt\right\}$, ко-

торый является общим для апостериорных вероятностей $P_{ps}(H_0)$ и $P_{ps}(H_i)$, принятое колебание $\xi(t)$ в выражении (17) входит только в корреляционный интеграл q_i . Учитывая монотонный характер функций $\exp(x)$ и $\operatorname{erf}(x)$, сравнение вероятностей $P_{ps}(H_0)$ и $P_{ps}(H_i)$ можно заменить сравнением взаимной корреляции q_i принятого колебания $\xi(t)$ и нормированного образцового сигнала s_i с некоторым эквивалентным пороговым уровнем. Таким образом, случайный характер амплитуды сигнала АЛСН не влияет на алгоритм обнаружения. В то же время, закон распределения и числовые характеристики амплитуды сигнала влияют на вероятность появления ошибок, а также должны учитываться при выборе пороговых уровней.

Значения пороговых уровней могут быть получены с учетом выбранного критерия обнаружения сигнала АЛСН:

$$P(H_i|\theta=0) = \int_{hi}^\infty P(q_i|\theta=0) dq_i. \quad (18)$$

Вероятности опасных ошибок $P(H_i|\theta=0)$ следует выбирать с учетом заданного уровня функциональной безопасности локомотивного приемника.

В соответствии с полученным условием обнаружения сигнала АЛСН значение корреляционного интеграла q_i сравнивается с пороговым уровнем в конце интервала наблюдения T . Так как сигналы АЛСН являются периодическими, то в качестве интервала наблюдения можно выбрать один цикл кодовой комбинации. С учетом случайного времени появления сигнала АЛСН локомотивный приемник должен содержать систему цикловой синхронизации. Для устранения влияния случайного характера фазы сигнала можно реализовать приемник по квадратурной схеме или использовать согласованные фильтры для определения корреляционных интегралов [8].

Алгоритм различения сигналов АЛСН

Задача различения сигналов АЛСН между собой решается путем сравнения апостериорных

АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ НА ТРАНСПОРТІ

вероятностей гипотез H_1, H_2, H_3 [8]

$$P_{ps}(H_i) > P_{ps}(H_j), i \neq j \quad (19)$$

Считается, что принят сигнал s_i , если его апостериорная вероятность является наибольшей.

Рассмотрим случай, когда сигналы s_i являются детерминированными, а помеха представляет собой белый гауссовский шум. Подставляя выражения (8), (13) в (19), получим

$$P_{pr}(H_i) \exp \left\{ -\frac{E_i}{N} + \frac{2}{N} \int_0^T \xi(t) s_i(t) dt \right\} > \\ > P_{pr}(H_j) \exp \left\{ -\frac{E_j}{N} + \frac{2}{N} \int_0^T \xi(t) s_j(t) dt \right\} \quad (20)$$

Считая, что энергии сигналов на интервале наблюдения одинаковы $E_i = E_j$, получим условие различения сигналов

$$\int_0^T \xi(t) s_i(t) dt > \frac{N}{2} \ln \frac{P_{pr}(H_j)}{P_{pr}(H_i)} + \int_0^T \xi(t) s_j(t) dt \quad (21)$$

Таким образом, для различения сигналов локомотивной сигнализации в приемнике должны вычисляться и сравниваться между собой взаимные корреляции принятого колебания и опорных сигналов, соответствующих различным числовым кодам АЛСН. При этом в соответствии с условием (21) должны учитываться априорные вероятности различных кодов, а также уровень шума.

При равной амплитуде энергии различных кодовых сигналов АЛСН за одинаковый интервал наблюдения будут отличаться. Это обусловлено различной эквивалентной длительностью сигналов. Для выравнивания энергий необходимо обеспечить определенные соотношения между амплитудами сигналов. Например, приравняем энергии сигналов «З» и «КЖ»:

$$E_3 = \frac{A_3^2 \alpha_3}{2} = E_{\text{КЖ}} = \frac{A_{\text{КЖ}}^2 \alpha_{\text{КЖ}}}{2} \quad (22)$$

Для равенства энергий этих сигналов необходимо, чтобы $A_{\text{КЖ}} = A_3 \sqrt{\frac{\alpha_3}{\alpha_{\text{КЖ}}}}$ (для кодов, формируемых кодовым путевым трансмиттером КТПШ-

5, $A_{\text{КЖ}} = 1,31 A_3$). При получении данного соотношения учитывалась общая длительность импульсов в одном цикле кода «З» и суммарная длительность импульсов в двух циклах кода «КЖ».

Также как и при решении задачи обнаружения сигнала можно покажем, что случайный характер амплитуды сигналов АЛСН не влияет на алгоритм различения сигналов. Однако от закона распределения и числовых характеристик амплитуды зависит вероятность появления ошибок.

Структура цифрового локомотивного приемника

В соответствии с алгоритмом обнаружения и различения сигналов АЛСН была построена структурная схема цифрового локомотивного приемника (рис. 2). Рассмотрим принцип действия приемника.

Сигналы АЛСН наводятся в приемных катушках (ПК) локомотива и поступают на полосовой фильтр (Ф), в котором выполняется первоначальное подавление помех и частотная селекция полученных сигналов. Мощные импульсные помехи подавляются с помощью амплитудного ограничителя (АО). Для согласования уровней сигналов АЛСН с диапазоном входных напряжений аналого-цифрового преобразователя (АЦП) применяется нормирующий усилитель (НУ). Использование схемы автоматической регулировки усиления (АРУ) позволяет стабилизировать амплитуду сигнала АЛСН. С помощью АЦП выходной сигнал усилителя преобразуется в цифровую последовательность, которая в режиме реального времени обрабатывается цифровым сигнальным процессором (ЦСП).

Для определения взаимных корреляций принятого колебания и опорных сигналов, соответствующих различным кодам АЛСН, применяются согласованные фильтры. В конце каждого кодового цикла выполняется сравнение полученных взаимных корреляций с пороговыми уровнями h_1, h_2, h_3 . При превышении хотя бы одного порога принимается решение о наличии сигнала АЛСН. Если срабатывает несколько пороговых элементов, то дальнейшее различение сигналов АЛСН выполняется в соответствии с условием (21). После принятия одного из кодовых сигналов в трех последо-

АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ НА ТРАНСПОРТІ

вательных циклах на выходе ЦСП формируются управляющие сигналы, которые через схемы сопряжения поступают на устройство контроля бдительности машиниста, а также на локомотивный светофор, на котором появляется соответствующее сигнальное показание.

Мы рассмотрели одноканальный цифровой локомотивный приемник. Однако высокая степень интеграции современных микросхем, низкие массогабаритные показатели микроэлектронных устройств упрощают задачу резервирования аппаратуры. Использование двух- или трехканальных локомотивных приемников позволит повысить их надежность и функциональную безопасность.

Выводы

1. Использование цифровых технологий при построении локомотивного приемника АЛСН позволит расширить его функциональные возможности, снизить энерго- и материалоемкость аппаратуры, упростить техническое обслужи-

вание, обеспечит повышение помехозащищенности и устойчивости функционирования системы локомотивной сигнализации в условиях воздействия различных дестабилизирующих факторов.

2. При обнаружении и различении сигналов АЛСН локомотивный приемник должен установить максимально правильное решение при заданной вероятности опасной ошибки.

3. Для обнаружения и различения сигналов локомотивной сигнализации в приемнике должны вычисляться и сравниваться с пороговыми уровнями, а также между собой, взаимные корреляции принятого колебания и опорных сигналов, соответствующих различным числовым кодам АЛСН. При этом должны учитываться априорные вероятности различных кодов, а также уровень шума.

4. Дальнейшие исследования в данном направлении связаны с определением вероятностных характеристик синтезированного локомотивного приемника.

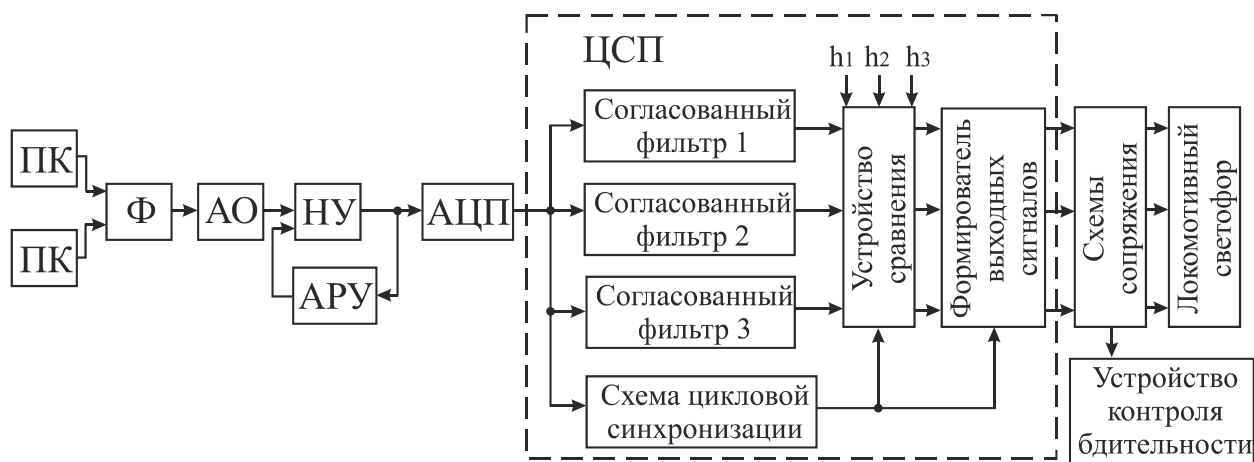


Рис. 2. Структурная схема цифрового локомотивного приемника АЛСН

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Автоматическая локомотивная сигнализация и авторегулировка / А. М. Брылеев, О. Поупе, В. С. Дмитриев, Ю. А. Кравцов, Б. М. Степенский. – М. : Транспорт, 1981. – 320 с.
2. Кестер, У. Проектирование систем цифровой и смешанной обработки сигналов / У. Кестер, А. А. Власенко. – М. : Техносфера, 2010. – 328 с.
3. Кошевий, С. В. Додаткова обробка сигналів числового коду локомотивними пристроями АЛСН / С. В. Кошевий, В. Б. Романчук // Інформаційно-керуючі системи на залізничному трансп. – 2011. – № 3. – С. 82–90.
4. Кошевий, С. В. Загальні властивості інформаційних сигналів в локомотивних приймальних пристроях АЛСН / С. В. Кошевий, М. С. Кошевий // 36. наук. пр. Донецького ін-ту залізнич. трансп. – Донецьк, 2009. – № 19. – С. 72–82.
5. Леонов, А. А. Техническое обслуживание автоматической локомотивной сигнализации / А. А. Леонов. – М. : Транспорт, 1982. – 255 с.

АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ НА ТРАНСПОРТІ

6. Майстренко, В. А. Статистические методы приема и обработки сигналов в системах радиосвязи / В. А. Майстренко, В. Ф. Попов. – Омск : Изд-во ОмГТУ, 2009. – 120 с.
7. Прудников, А. П. Интегралы и ряды. Элементарные функции / А. П. Прудников, Ю. А. Брычков, О. И. Маричев. – М. : Наука, 1981. – 800 с.
8. Тихонов, В. И. Оптимальный прием сигналов / В. И. Тихонов. – М. : Радио и связь, 1983. – 320 с.
9. Чепцов, М. М. Методи синтезу сигнально-процесорної централізації стрілок і сигналів : монографія / М. М. Чепцов, А. Б. Бойнік, Д. М. Кузьменко. – Донецьк : ДонІЗТ, 2010. – 181 с.
10. Smith, S. W. Digital signal processing / S. W. Smith. – California : Technical Publishing, 1999. – 650 p.

К. В. ГОНЧАРОВ^{1*}

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

СИНТЕЗ ЦИФРОВОГО ЛОКОМОТИВНОГО ПРИЙМАЧА АВТОМАТИЧНОЇ ЛОКОМОТИВНОЇ СИГНАЛІЗАЦІЇ

Мета. Автоматична локомотивна сигналізація безперервного типу з числовим кодуванням (АЛСН) має ряд недоліків: малу значність сигналізації, низьку завадостійкість, високу інерційність, низьку функціональну гнучкість. Потрібен пошук нових, більш досконалих методів обробки сигналів автоматичної локомотивної сигналізації, синтез завадостійкого цифрового локомотивного приймача АЛСН. **Методика.** Запропонований алгоритм виявлення та розпізнавання сигналів локомотивної сигналізації базується на визначенні взаємних кореляцій прийнятого коливання і опорних сигналів. Для вибору граничних рівнів вирішального пристрою був сформульований наступний критерій: локомотивний приймач повинен встановити максимально правильне рішення при заданій імовірності небезпечної помилки. **Результати.** Встановлено, що випадковий характер амплітуди сигналу АЛСН не впливає на алгоритм виявлення. В той же час, закон розподілу та числові характеристики амплітуди сигналу впливають на імовірність помилок, а також повинні бути враховані при виборі граничних рівнів. Згідно з отриманим алгоритмом виявлення та розрізнення сигналів АЛСН був синтезований цифровий локомотивний приймач, який містить смуговий фільтр, амплітудний обмежувач, нормуючий підсилювач зі схемою автоматичного регулювання посилення, аналого-цифровий перетворювач і цифровий сигнальний процесор. **Наукова новизна.** Удосконалення системи АЛСН шляхом переведення технічних засобів на сучасну мікроелектронну елементну базу, застосування більш досконалих методів виявлення і розрізнення сигналів локомотивної сигналізації. **Практична значимість.** Використання цифрових технологій при побудові локомотивного приймача АЛСН дозволить розширити його функціональні можливості, забезпечити підвищення завадостійкості та стійкості функціонування системи локомотивної сигналізації в умовах впливу різних дестабілізуючих факторів.

Ключові слова: автоматична локомотивна сигналізація; завади; критерій виявлення та розрізнення сигналів; узгоджений фільтр

К. V. GONCHAROV^{1*}

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

SYNTHESIS OF DIGITAL LOCOMOTIVE RECEIVER OF AUTOMATIC LOCOMOTIVE SIGNALING

Purpose. Automatic locomotive signaling of continuous type with a numeric coding (ALSN) has several disadvantages: a small number of signal indications, low noise stability, high inertia and low functional flexibility.

АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ НА ТРАНСПОРТІ

Search for new and more advanced methods of signal processing for automatic locomotive signaling, synthesis of the noise proof digital locomotive receiver are essential. **Methodology.** The proposed algorithm of detection and identification locomotive signaling codes is based on the definition of mutual correlations of received oscillation and reference signals. For selecting threshold levels of decision element the following criterion has been formulated: the locomotive receiver should maximum set the correct solution for a given probability of dangerous errors. **Findings.** It has been found that the random nature of the ALSN signal amplitude does not affect the detection algorithm. However, the distribution law and numeric characteristics of signal amplitude affect the probability of errors, and should be considered when selecting a threshold levels According to obtained algorithm of detection and identification ALSN signals the digital locomotive receiver has been synthesized. It contains band pass filter, peak limiter, normalizing amplifier with automatic gain control circuit, analog to digital converter and digital signal processor. **Originality.** The ALSN system is improved by the way of the transfer of technical means to modern microelectronic element base, more perfect methods of detection and identification codes of locomotive signaling are applied. **Practical value.** Use of digital technology in the construction of the locomotive receiver ALSN will expand its functionality, will increase the noise immunity and operation stability of the locomotive signal system in conditions of various destabilizing factors.

Keywords: automatic locomotive signaling; noise; criterion of detection and identification the signals; matched filter

REFERENCES

1. Bryleyev A.M., Poupe O., Dmitriyev V.S., Kravtsov Yu.A., Stepenskiy B.M. *Avtomaticheskaya lokomotivnaya signalizatsiya i avtoregulirovka* [Automatic locomotive signaling and automatic control]. Moscow, Transport Publ., 1981. 320 p.
2. Kester U., Vlasenko A.A. *Proyektirovaniye sistem tsifrovoy i smeshannoy obrabotki signalov* [Design systems for digital and mixed processing of signals]. Moscow, Tekhnosfera Publ., 2010. 328 p.
3. Koshevyi S.V., Romanchuk V.B. Dodatkovy obrobka syhnaliv chyslovoho kodu lokomotyvnykh prystroiamy ALSN [Additional signal processing of numeric code by locomotive ALSN devices]. *Informatsiino-keruiuchi systemy na zaliznychnomu transporti – Information and controlling systems on the railway transport*, 2011, no. 3, pp. 82-90.
4. Koshevyi S.V., Koshevyi M.S. Zahalni vlastyivosti informatsiinykh syhnaliv v lokomotyvnykh prymalnykh prystroiakh ALSN [General properties of information signals in the receiving ALSN locomotive devices]. *Zbirnyk naukovykh prats Donetskoho instytutu zaliznychnoho transportu* [Proc. of Donetsk Institute of Railway Transport], 2009, no. 19, pp. 72-82.
5. Leonov A.A. *Tekhnicheskoye obsluzhivaniye avtomaticheskoy lokomotivnoy signalizatsii* [Technical maintenance of automatic locomotive signaling]. Moscow, Transport Publ., 1982. 255 p.
6. Maystrenko V.A., Popov V.F. *Statisticheskiye metody priyema i obrabotki signalov v sistemakh radiosvyazi* [Statistical methods for receiving and processing signals in radio communication systems]. Omsk, OmGTU Publ., 2009. 120 p.
7. Prudnikov A.P., Brychkov Yu.A., Marichev O.I. *Integraly i ryady. Elementarnyye funktsii* [Integrals and series. The elementary functions]. Moscow, Nauka Publ., 1981. 800 p.
8. Tikhonov V.I. *Optimalnyy priyem signalov* [Optimal signal receiving]. Moscow, Radio i svyaz Publ., 1983. 320 p.
9. Cheptsov M.M., Boinik A.B., Kuzmenko D.M. *Metody syntezy syhnalno-protseorno tseentralizatsii strilok i syhnaliv* [Methods of synthesis signal processor centralizing of switches and signals]. Donetsk, DonIZT Publ., 2010. 181 p.
10. Smith S.W. *Digital signal processing*. California, Technical Publ., 1999. 650 p.

Статья рекомендована к публикации д.ф.-м.н., проф. В. И. Гаврилюком (Украина); д.ф.-м.н., проф. А. В. Коваленко (Украина)

Поступила в редколлегию 21.11.2012

Принята к печати 21.02.2013

ЕКОЛОГІЯ НА ТРАНСПОРТІ

УДК 628.334.5:519.6

Е. К. НАГОРНАЯ^{1*}

^{1*}Каф. «Гидравлики», Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24^а, 49600, Днепропетровск, Украина, тел. +38 (066)752 13 32, эл. почта ek_n@i.ua

CFD-МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА МАССОПЕРЕНОСА В ВЕРТИКАЛЬНОМ ОТСТОЙНИКЕ

Цель. В настоящее время в мире активно развивается научное направление по созданию теоретических методов расчета канализационных отстойников. На практике инженеры используют, как правило, балансовые модели и одномерные кинематические модели. Данные модели не учитывают гидродинамику потока внутри отстойника и его сложную геометрическую форму. Это является существенным препятствием на пути широкого применения уравнений Навье-Стокса в повседневной практике проектирования. Применение CFD-моделей, основанных на решении уравнений Навье-Стокса требует применения очень мелкой сетки, что приводит к существенным затратам компьютерного времени на получение прогнозных данных. С этой целью необходимым является создание эффективной CFD-модели для исследования процесса очистки сточных вод в вертикальных отстойниках с учетом их геометрической формы и конструктивных особенностей.

Методика. Применяются разностные схемы расщепления, реализуемые методом бегущего счета. **Результаты.** Разработана 2-D-CFD модель, позволяющая в течение нескольких секунд выполнить расчет вертикального отстойника с учетом его геометрической формы, наличия центральной трубы, ее параметров, наличия рассекателя перед выходом из трубы. Применение в построенной модели метода маркирования расчетной области дает возможность выполнять прямое численное моделирование гидродинамики течения и массопереноса в отстойниках без ограничения на их форму. **Научная новизна.** Создание CFD-моделей, позволяющих, с одной стороны учесть геометрическую форму отстойника, основные физические процессы массопереноса в сооружении, а с другой стороны – требующих небольших затрат времени на получение результатов. **Практическая значимость.** Разработанная CFD-модель и построенный на ее основе код позволяют, при малых затратах компьютерного времени – примерно таких же, как и при расчете одномерной модели, решать сложные многопараметрические задачи, возникающие на этапе проектирования вертикальных отстойников с учетом их формы и конструктивных особенностей.

Ключевые слова: вертикальный отстойник; CFD-модель; численное моделирование; массоперенос

Введение

Отстойники систем водоотведения являются одним из важнейших элементов в системе сооружений для очистки сточных вод. Данные сооружения определяют, в значительной степени, эффективность функционирования комплекса очистных сооружений в целом. Кроме этого, необходимо учитывать, что после вто-

ричных отстойников сточные воды, содержащие определенную долю взвешенных веществ, сбрасываются в водоем. Поэтому обеспечение эффективной очистки воды на вторичных отстойниках является важнейшим средством защиты поверхностных вод от загрязнения взвешенными веществами.

При разработке систем очистки воды для малых предприятий в настоящее время широко применяются вертикальные отстойники.

ЕКОЛОГІЯ НА ТРАНСПОРТІ

Оценка эффективности работы этих отстойников на стадии проектирования комплекса очистных сооружений – сложная и ответственная задача. Оперативное решение этой задачи, когда рассматриваются различные варианты отстойников, варьируется их конструкция, габариты и т.п., возможно расчетным путем – на основе метода математического моделирования [1-3]. К настоящему времени, большинство прикладных методов расчета вертикальных отстойников базируется на применении одномерных кинематических моделей транспорта-загрязнителя в отстойниках или на применении нуль-мерных (балансовых) моделей. Эти модели не позволяют учитывать гидравлический режим работы отстойника и его геометрическую форму. Поэтому актуальной задачей является создание математических моделей работы вертикальных отстойников, которые позволяли бы проектировщику оперативно получать необходимую информацию с учетом формы очистных сооружений, особенностей массопереноса, режима их работы.

Анализ публикаций

На практике, при проектировании отстойников, инженеры, в основном, используют балансовые модели [4, 11-13] и одномерные кинематические модели [8, 10, 14-16, 18-20]. Балансовые модели позволяют оперативно рассчитать эффективность очистки воды в сооружении, но обладают рядом ограничений:

- модели являются нуль-мерными;
- геометрическая форма отстойника в моделях не учитывается;
- место подвода сточных вод в отстойник и отвода из него сточных вод в моделях не учитываются;
- скорость движения потока в отстойнике и ее изменение внутри сооружения – не учитываются;
- в моделях нет учета процесса диффузии.

Математические модели отстойников, основанные на решении 1-D уравнения переноса загрязнителя, позволяют увеличить возможности проектировщиков за счет учета тех факторов, которые не учитываются в 0-D моделях. Активное развитие одномерных моделей связано с совокупностью ряда обстоятельств:

- эти модели учитывают такие важные факторы, как конвекция, диффузия;

– построение данных моделей значительно проще, чем построение двухмерных или трехмерных CFD-моделей;

– разработка кода (программы) для численного интегрирования одномерного кинематического уравнения переноса – проще, чем для реализации 2-D или 3-D численной модели;

– расчет на базе одномерных моделей не требует больших затрат компьютерного времени;

– не требуется много времени на формирование вида расчетной области и для построения расчетной сетки;

– невысокая стоимость расчета, что важно при проведении серийных расчетов на практике.

Следует подчеркнуть, что, в целом, одномерные модели имеют такие ограничения:

– нет учета неравномерного поля скорости потока в отстойнике;

– нет учета реальной геометрической формы отстойника и различных его внутренних конструктивных особенностей;

– в одномерных моделях полагается, что в любом горизонтальном сечении отстойника поле концентрации загрязнителя – однородно;

– при расчете отстойника гидродинамическая задача не решается, и расчет проводится по заданному значению скорости;

– при использовании 1-D модели на этапе проектирования отстойника необходимо обоснование длины каждой расчетной зоны (зона осаждения и т.д.), для которой используется уравнение транспорта загрязнителя; длина этих зон может варьироваться, если отстойник будет иметь размеры, форму, отличную от традиционных;

– в модели нет учета «переходных» областей, располагающихся между расчетными зонами;

– модель не может учесть, что возле дна происходит разворот потока.

Применение CFD-моделей, основанных на решении уравнений динамики жидкости позволяет качественно, на новом уровне осуществлять моделирование процесса осаждения в отстойнике [17, 21, 22, 24]. Но следует отметить, что при использовании модели вязкой жидкости (уравнения Навье-Стокса) необходима очень мелкая сетка, что приводит к существенным затратам компьютерного времени на получение прогнозных данных. Это является существенным

ЕКОЛОГІЯ НА ТРАНСПОРТІ

препятствием на пути широкого применения уравнений Навье-Стокса в практике проектирования. Кроме этого, требуется обоснованный выбор модели турбулентности для рассматриваемого класса течений. Здесь важно отметить, что применение 3-D-CFD математических моделей, основанных на модели вязкой жидкости, является также весьма затратным при практическом использовании [23]. Поэтому актуальной задачей является создание CFD-моделей, позволяющих, с одной стороны учесть геометрическую форму отстойника, основные физические процессы переноса, а с другой стороны – требующих небольших затрат времени на получение результатов.

Цель данной работы – разработка 2-D численной модели массопереноса в вертикальном отстойнике, позволяющей учесть при моделировании геометрическую форму отстойника и выполнить расчет поля скорости и процесса массопереноса в отстойнике.

Математическая модель процесса массопереноса в вертикальном отстойнике

Для расчета процесса переноса загрязнителя в вертикальном отстойнике используется уравнение массопереноса, усредненное по ширине сооружения [7]:

$$\frac{\partial C}{\partial t} + \frac{\partial uC}{\partial x} + \frac{\partial (v-w)C}{\partial y} + kC = \text{div}(\mu \text{grad} C), \quad (1)$$

где C – концентрация загрязнителя в сточной воде;

u, v – компоненты вектора скорости течения;

$\mu = (\mu_x, \mu_y)$ – коэффициенты диффузии;

w – скорость оседания загрязнителя;

t – время;

k – коэффициент, учитывающий процессы биохимического окисления в отстойнике.

Для уравнения переноса (1) ставятся следующие граничные условия. На твердых границах (контур отстойника, центральная труба, различные препятствия внутри него) реализуется граничное условие вида:

$$\frac{\partial C}{\partial n} = 0,$$

где n – единичный вектор внешней нормали к

твердой поверхности.

На входной границе (граница входа потока сточных вод в отстойник) ставится условие:

$$C_{\text{граница}} = C_E,$$

где C_E – известное значение концентрации загрязнителя.

На выходной границе расчетной области, в численной модели ставится «циклическое» (мягкое) граничное условие вида:

$$C(i+1, j) = C(i, j),$$

где $i+1, j$ – номер разностной ячейки на выходе из расчетной области (отстойника).

В начальный момент времени полагается $C = 0$ в расчетной области. Задача транспорта загрязнителя в отстойнике решается на установление решения. На нижней границе сооружения реализуется условие «выпадения» загрязнителя из потока сточных вод со скоростью w . То есть загрязнитель, достигнув нижней поверхности отстойника, «уходит» из раствора.

Гидродинамическая модель

Для решения уравнения массопереноса в отстойнике необходимо рассчитать поле скорости потока внутри сооружения. Важно подчеркнуть, что составляющие u, v вектора скорости потока сточных вод, входящие в уравнение (1) должны удовлетворять уравнению неразрывности. Для решения этой гидродинамической задачи в данной работе используется 2-D модель потенциального течения. В этом случае моделирующее уравнение имеет вид [6]:

$$\frac{\partial^2 P}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 P}{\partial y^2} = 0, \quad (2)$$

где P – потенциал скорости.

Для данного уравнения ставятся следующие граничные условия [6]:

– на твердых стенках отстойника, трубе внутри него: $\frac{\partial P}{\partial n} = 0$, где n – единичный вектор внешней нормали к твердой границе;

– на входной границе (область втекания сточных вод в отстойник): $\frac{\partial P}{\partial n} = V_n$, где V_n –

ЕКОЛОГІЯ НА ТРАНСПОРТІ

известное значение скорости втекания;

– на выходной границе расчетной области (область выхода осветленных вод из отстойника) $P = P_0 + \text{const}$ (условие Дирихле).

После расчета поля потенциала скорости осуществляется расчет компонент-вектора скорости потока сточных вод на основе известных зависимостей [9]

$$u = \frac{\partial P}{\partial x}, \quad v = \frac{\partial P}{\partial y}.$$

Рассчитанное значение компонент вектора скорости потока сточных вод используется на следующем этапе моделирования для решения задачи массопереноса загрязнителя в отстойнике.

Численный метод решения

Численное интегрирование уравнений модели проводится с помощью метода конечных разностей на прямоугольной разностной сетке. Потенциал скорости, концентрация загрязнителя определяются в центре разностных ячеек, а компоненты вектора скорости течения – на сторонах разностных ячеек.

Для численного интегрирования уравнения (2) используется метод установления решения по времени. Поэтому, численно интегрируется уравнение эволюционного вида:

$$\frac{\partial P}{\partial t} = \frac{\partial^2 P}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 P}{\partial y^2}, \quad (3)$$

где t – фиктивное время.

При $t \rightarrow \infty$ решение уравнения (3) будет стремиться к «установлению», т.е. к решению уравнения (2).

Для численного интегрирования уравнения (3) используется неявная схема суммарной аппроксимации [9]. В этом случае разностные уравнения на каждом дробном шаге имеют вид:

$$\frac{P_{i,j}^{n+\frac{1}{2}} - P_{i,j}^n}{\Delta t} = \left[\frac{-P_{i,j}^{n+\frac{1}{2}} + P_{i-1,j}^{n+\frac{1}{2}}}{\Delta x^2} \right] + \left[\frac{-P_{i,j}^{n+\frac{1}{2}} + P_{i,j-1}^{n+\frac{1}{2}}}{\Delta y^2} \right],$$

$$\frac{P_{i,j}^{n+1} - P_{i,j}^{n+\frac{1}{2}}}{\Delta t} = \left[\frac{P_{i+1,j}^{n+1} - P_{i,j}^{n+1}}{\Delta x^2} \right] + \left[\frac{P_{i,j+1}^{n+1} - P_{i,j}^{n+1}}{\Delta y^2} \right].$$

Отметим, что значение потенциала скорости $P_{i,j}$ в центре каждой разностной ячейки, на каждом шаге расщепления данной разностной схемы, определяется по явной формуле – методу бегущего счета [9].

Для реализации, на твердых стенках, граничного условия $\frac{\partial P}{\partial n} = 0$ (n – единичный вектор внешней нормали к стенке) в численной модели используются фиктивные разностные ячейки. Для начала расчета по методу Либмана необходимо задать «начальное» значение потенциала скорости в расчетной области, например: $P_{i,j} = 0$. При проведении серийных расчетов поле потенциала скорости, определенное численным путем для одной задачи, может использоваться как «начальное» при расчете последующей, с целью минимизации компьютерного времени при расчете. Расчет прекращается при выполнении условия:

$$|P_{i,j}^{n+1} - P_{i,j}^n| \leq \varepsilon, \quad (4)$$

где ε – малое число (например, $\varepsilon = 0,001$);

n – номер итерации.

После определения поля потенциала скорости осуществляется расчет компонент-вектора скорости по формулам:

$$u_{i,j} = \frac{P_{i,j} - P_{i-1,j}}{\Delta x}, \quad v_{i,j} = \frac{P_{i,j} - P_{i,j-1}}{\Delta y}. \quad (5)$$

При решении эволюционного уравнения (3) задается поле потенциала скорости для «начального» момента фиктивного времени.

Для численного интегрирования уравнения Лапласа также используется метод Либмана [9]. В этом случае аппроксимирующее уравнение имеет вид:

$$\frac{P_{i+1,j} - 2P_{i,j} + P_{i-1,j}}{\Delta x^2} + \frac{P_{i,j+1} - 2P_{i,j} + P_{i,j-1}}{\Delta y^2} = 0.$$

Тогда неизвестное значение потенциала в центре разностной ячейки определяется так:

$$P_{i,j} = \frac{\left[\frac{P_{i+1,j} - P_{i-1,j}}{\Delta x^2} + \frac{P_{i,j+1} - P_{i,j-1}}{\Delta y^2} \right]}{A},$$

ЕКОЛОГІЯ НА ТРАНСПОРТІ

где $A = \left(\frac{2}{\Delta x^2} + \frac{2}{\Delta y^2} \right)$.

В разработанном коде расчет по методу Либмана реализован в отдельной подпрограмме.

Для численного интегрирования уравнения транспорта загрязнителя в отстойнике используется попеременно – треугольная неявная разностная схема [5]. Данная разностная схема основывается на расщеплении исходного дифференциального уравнения. Разностные соотношения данной схемы, для каждого шага расщепления, в операторном виде записываются так [5]:

на первом шаге расщепления: $k = n + \frac{1}{4}$

$$\frac{C_{i,j}^k - C_{i,j}^n}{\Delta t} + \frac{1}{2} (L_x^+ C^k + L_y^+ C^k) = \\ = \frac{1}{4} (M_{xx}^+ C^k + M_{xx}^- C^k + M_{yy}^+ C^n + M_{yy}^- C^n);$$

на втором шаге расщепления: $k = n + \frac{1}{2}$;

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

$$\frac{C_{i,j}^k - C_{i,j}^c}{\Delta t} + \frac{1}{2} (L_x^- C^k + L_y^- C^k) = \\ = \frac{1}{4} (M_{xx}^- C^k + M_{xx}^+ C^c + M_{yy}^- C^k + M_{yy}^+ C^c);$$

на третьем шаге расщепления: $k = n + \frac{3}{4}$;

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

$$\frac{C_{i,j}^k - C_{i,j}^c}{\Delta t} + \frac{1}{2} (L_x^+ C^k + L_y^- C^k) = \\ = \frac{1}{4} (M_{xx}^- C^c + M_{xx}^+ C^k + M_{yy}^- C^k + M_{yy}^+ C^c);$$

на четвертом шаге расщепления: $k = n + 1$;

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

$$\frac{C_{i,j}^k - C_{i,j}^c}{\Delta t} + \frac{1}{2} (L_x^- C^k + L_y^+ C^k) = \\ = \frac{1}{4} (M_{xx}^- C^k + M_{xx}^+ C^c + M_{yy}^- C^c + M_{yy}^+ C^k).$$

В данных выражениях использованы следующие обозначения разностных операторов:

$$\begin{aligned} \frac{\partial u^+ C}{\partial x} &\approx \frac{u_{i+1,j}^+ C_{i,j}^{n+1} - u_{i,j}^+ C_{i-1,j}^{n+1}}{\Delta x} = L_x^+ C^{n+1}, \\ \frac{\partial u^- C}{\partial x} &\approx \frac{u_{i+1,j}^- C_{i+1,j}^{n+1} - u_{i,j}^- C_{i,j}^{n+1}}{\Delta x} = L_x^- C^{n+1}, \\ \frac{\partial v^+ C}{\partial y} &\approx \frac{v_{i,j+1}^+ C_{i,j}^{n+1} - v_{i,j}^+ C_{i,j-1}^{n+1}}{\Delta y} = L_y^+ C^{n+1}, \\ \frac{\partial v^- C}{\partial y} &\approx \frac{v_{i,j+1}^- C_{i,j}^{n+1} - v_{i,j}^- C_{i,j}^{n+1}}{\Delta y} = L_y^- C^{n+1}, \\ \frac{\partial}{\partial x} \left(\mu_x \frac{\partial C}{\partial x} \right) &\approx \tilde{\mu}_x \frac{C_{i+1,j}^{n+1} - C_{i,j}^{n+1}}{\Delta x^2} - \\ &- \tilde{\mu}_x \frac{C_{i,j}^{n+1} - C_{i-1,j}^{n+1}}{\Delta x^2} = M_{xx}^- C^{n+1} + M_{xx}^+ C^{n+1}, \\ \frac{\partial}{\partial y} \left(\mu_y \frac{\partial C}{\partial y} \right) &\approx \tilde{\mu}_y \frac{C_{i,j+1}^{n+1} - C_{i,j}^{n+1}}{\Delta y^2} - \\ &- \tilde{\mu}_y \frac{C_{i,j}^{n+1} - C_{i,j-1}^{n+1}}{\Delta y^2} = M_{yy}^- C^{n+1} + M_{yy}^+ C^{n+1} \text{ и т. д.} \end{aligned}$$

Подробное пояснение к данным разностным операторам представлено в работе [5]. Незвестное значение концентрации загрязнителя на каждом шаге расщепления определяется по явной формуле «бегущего счета». Рассмотренная разностная схема расщепления является абсолютно устойчивой на каждом шаге расщепления и обладает свойством консервативности – что крайне важно при решении задач массопереноса [7].

На пятом расчетном шаге рассчитывается изменение концентрации загрязнителя за счет его гравитационного оседания по следующей формуле:

ЕКОЛОГІЯ НА ТРАНСПОРТІ

$$\frac{C_{i,j}^{n+1} - C_{i,j}^n}{\Delta t} - \frac{w C_{i,j+1}^n - w C_{i,j}^n}{\Delta y} = 0.$$

Расчетные зависимости на каждом шаге расщепления реализованы в разработанном коде в виде отдельной подпрограммы.

На базе построенной CFD-модели создан код «**Settler-2**». Для программирования использовался FORTRAN. Верификация разработанной CFD-модели проведена на примере решения комплекса тестовых задач, имеющих точное (аналитическое) решение, изученных экспериментально или решенных другими исследователями с помощью иных численных методов.

Формирование вида расчетной области

Необходимо отметить, что расчет массопереноса в вертикальных отстойниках проводится в области сложной геометрической формы, что крайне усложняет процесс построения численной модели сооружения. В данной работе формирование геометрической формы отстойника на прямоугольной разностной сетке осуществляется с помощью метода маркирования [5]. Это дает возможность быстро формировать любую геометрическую форму отстойника в файле исходных данных, без каких либо ограничений на ее вид, и, что крайне важно – не вносить ни каких изменений в расчетный код.

Алгоритм решения задачи транспорта загрязнителя в вертикальном отстойнике

Решение задачи о транспорте загрязнителя в отстойнике осуществляется в такой последовательности:

1. Пользователь вносит исходную информацию в файл начальных данных (файл типа DAT) об очистном сооружении: геометрическую форму отстойника, его размеры, положение отверстий для входа и выхода сточных вод, положение центральной трубы или других элементов сооружения, концентрацию загрязнителя в потоке сточных вод, поступающих в отстойник и т.д. Формирование вида расчетной области осуществляется с помощью маркеров. Пользователь также может корректировать размер разностной сетки.

2. Осуществляется запуск подпрограммы численного интегрирования уравнения для по-

тенциала скорости. На печать выдается поле потенциала скорости через определенное число выполненных интеграций. Компьютерная программа осуществляет контроль процедуры расчета потенциала скорости и останавливает данный расчет, если выполняется условие вида (4). Осуществляется вывод на печать поля потенциала скорости.

3. Выполняется расчет компонент-вектора скорости потока сточных вод в отстойнике по зависимостям вида (5).

4. Осуществляется запуск подпрограмм численного интегрирования уравнения транспорта загрязнителя в отстойнике. На печать выдается поле концентрации загрязнителя в отстойнике через заданное число шагов по времени.

5. Результаты моделирования заносятся в файл расчетных данных типа DAT.

6. Осуществляется анализ поля концентрации загрязнителя в отстойнике и, в первую очередь – на выходе из него, т.к. именно данная информация определяет эффективность работы очистного сооружения.

7. При необходимости, пользователь вносит корректировку в файл начальных данных (например, изменяет длину центральной трубы, меняет место водослива и т.п.) и расчет повторяется.

Основные шаги разработанного алгоритма (на примере решения 3D-задачи) показаны на блок-схеме (рис. 1).

Осуществляя, таким образом, перебор (расчет) различных вариантов конструкции отстойника, пользователь может определить наиболее рациональный вариант для конкретных условий. Учитывая, что для расчета отстойника, на базе построенной CFD-модели, требуется малое время (порядка нескольких секунд), то для выбора оптимального варианта сооружения потребуется небольшой промежуток времени, приемлемый для проектировщика.

Практическая реализация модели

Результаты практической реализации построенной CFD-модели представлены ниже. Рассматривалось моделирование процесса массопереноса в вертикальном отстойнике с центральной трубой. Схема сооружения показана на рис. 1. Вблизи выхода из трубы расположен рассекающий (на рис. 1 – это треугольник). Вы-

ЭКОЛОГИЯ НА ТРАНСПОРТІ

ход из отстойника условно обозначен буквами **R** (правый) и **L** (левый). Вычислительный эксперимент проводился при таких параметрах: скорость потока на входе в отстойник 21,7 м/ч и 11 м/ч; коэффициент диффузии 0,7 м²/ч. Значение скорости осаждения загрязнителя составляет: $w=2,5$ м/ч и $w=1,6$ м/ч; коэффициент биохимического окисления $k=0$; длина отстойника 8 м; глубина 3,6 м. Концентрация загрязнителя во входящем в отстойник потоке равна 100 ед (в безразмерном виде).

Цель моделирования – оценка эффективности очистки сточных вод в отстойнике при заданных исходных данных.

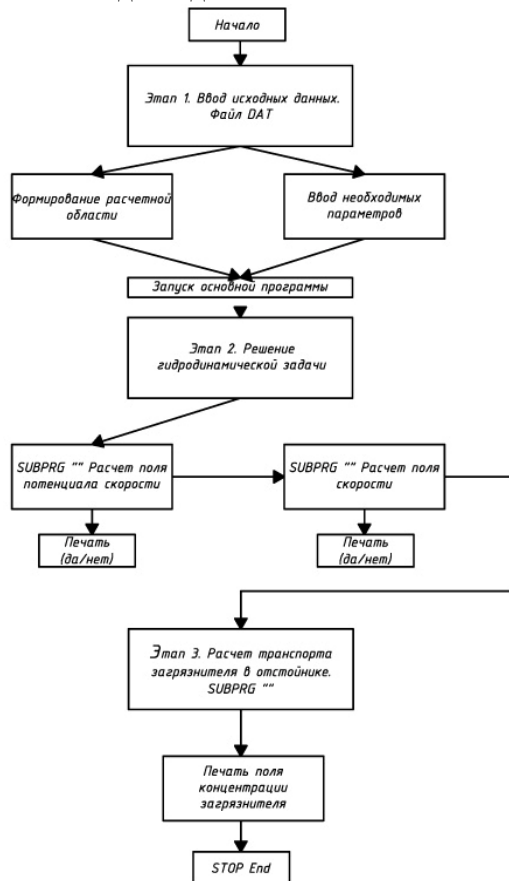


Рис. 1. Основные этапы алгоритма решения задачи о транспорте-загрязнителе в отстойнике

Рассмотрим результаты вычислительного эксперимента. На рис. 2–4 – представлены расчетные значения концентрации загрязнителя в отстойнике при различном значении скорости входа потока сточных вод в отстойник и различной скорости оседания загрязнителя. На этих рисунках значение концентрации показано

в безразмерном виде: каждое число – это величина концентрации в процентах от величины входной концентрации. Здесь необходимо отметить, что вывод на печать результатов расчета на данных рисунках осуществлялся по формату печати «целых» чисел, т.е. дробная часть числа не выдается на печать. Это значит, что если, например, в какой-то точке расчетное значение концентрации составляет «7,36 %» от концентрации на входе в отстойник, то на печать будет выведено «7». Аналогично, если значение концентрации менее 1 %, то на печать выдается «0». Выбор такого подхода объясняется тем, что он дает возможность быстро анализировать эффективности очистки воды в любой зоне отстойника. В разработанном коде, при проведении расчетов, параллельно, на печать выдается значение концентрации по формату «действительных» чисел в любой интересующей зоне сооружения.

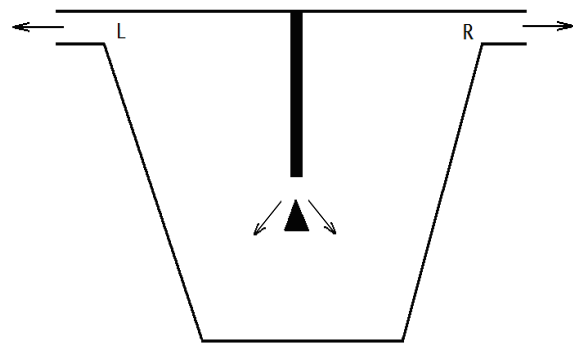


Рис. 2. Схема вертикального отстойника с центральной трубой

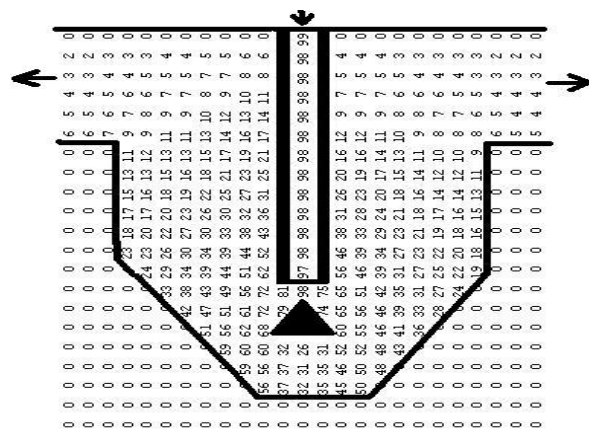


Рис. 3. Распределение концентрации загрязнителя в вертикальном отстойнике с центральной трубой

ЕКОЛОГІЯ НА ТРАНСПОРТІ

Величина концентрации загрязнителя на выходе из отстойника составляет:

– при скорости осаждения $w=2,5$ м/ч и скорости входа 21,7 м/ч: на правом выходе 2–5 %, на левом – 2–6 %;

– при скорости осаждения $w=1,6$ м/ч и скорости входа 21,7 м/ч: на правом выходе 10–16 %, на левом – 12–21 %;

– при скорости осаждения $w=1,6$ м/ч и скорости входа 11 м/ч: на правом выходе 3–7 %, на левом – 3–5 %.

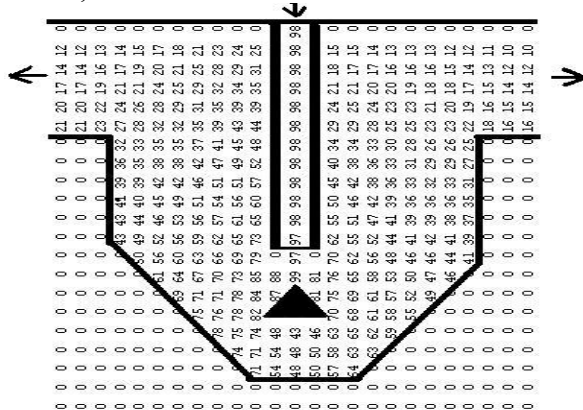


Рис. 4. Распределение концентрации загрязнителя в вертикальном отстойнике с вертикальной перегородкой и вертикальной пластиной (длина вертикальной перегородки 2,4 м, длина вертикальной пластины 0,8 м, $w=0,02$ м/ч)

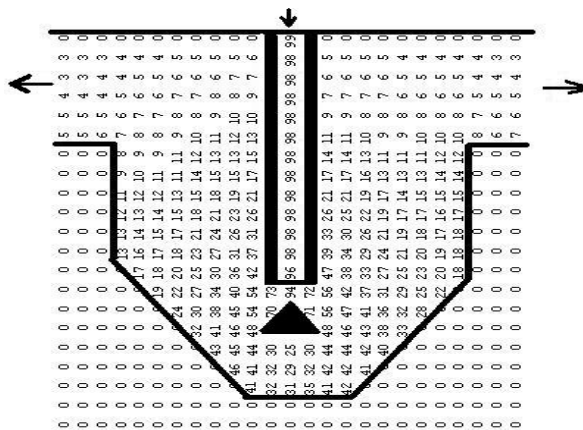


Рис. 5. Распределение концентрации загрязнителя в вертикальном отстойнике с горизонтальной и горизонтальной пластинами (длина вертикальной перегородки 2,4 м, длина горизонтальной пластины 1,08 м, длина вертикальной пластины 0,8 м, $w=0,2$ м/ч)

Как и следовало ожидать – уменьшение величины скорости осаждения загрязнителя при-

водит к снижению эффективности очистки воды в отстойнике.

В заключение отметим, что для расчета варианта задачи потребовалось 5 с компьютерного времени.

Выводы

В работе приведена эффективная CFD-модель для исследования процесса массопереноса в канализационных вертикальных отстойниках сложной геометрической формы. Разработанный код позволяет, при малых затратах времени, решать сложные многопараметрические задачи, возникающие на этапе проектирования вертикальных отстойников. Дальнейшее направление данной работы следует проводить в направлении создания трехмерной модели процесса массопереноса в отстойниках.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Беляев, Н. Н. 3D расчет вертикального отстойника на базе CFD модели [Электронный ресурс] / Н. Н. Беляев, Е. К. Нагорная // Наук. пр. Вінницького нац. техн. ун-ту. – Вінниця, 2012. – № 3. – С. 1–10. – Режим доступа http://www.nbu.gov.ua/e-journals/vntu/2012_3/2012-3.htm. – Загл. с экрана.
2. Беляев, Н. Н. К расчету процесса массопереноса в вертикальном отстойнике / Н. Н. Беляев, Е. К. Нагорная // Вода і водоочисні технології. Науково-технічні вісті. – 2012. – № 3 (9). – С. 32–40.
3. Беляев, Н. Н. Моделирование процесса массопереноса с учетом энергоэффективности в вертикальном отстойнике / Н. Н. Беляев, Е. К. Нагорная, П. В. Хорсев, С. С. Тищенко // Энергоэкономия в будівництві та архітектурі: науково-технічний збірник. – К. : КНУБА, 2012. – Вип. 3. – С. 114–120.
4. Давыдов, Е. И. Исследование и расчет вертикального отстойника со спирально-навитой насадкой / Е. И. Давыдов, Б. Ф. Лямаев // Инженерно-строительный журнал. – М., 2011. – № 5. – С. 10–15.
5. Згуровский, М. З. 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.
6. Лойцянский, Л. Г. Механика жидкости и газа / Л. Г. Лойцянский. – М. : Наука, 1978. – 735 с.

ЕКОЛОГІЯ НА ТРАНСПОРТІ

7. Марчук, Г. И. Математическое моделирование в проблеме окружающей среды / Г. И. Марчук. – М. : Наука, 1982. – 320 с.
8. Олейник, А. Я. Теоретический анализ процессов осаждения в системах биологической очистки сточных вод / Я. А. Олейник, Ю. И. Калугин, Н. Г. Степовая, С. М. Зябликов // Прикладна гідромеханіка. – К., 2004. – № 4. – С. 62–67.
9. Самарский, А. А. Теория разностных схем / А. А. Самарский. – М. : Наука, 1983. – 616 с.
10. Степова, Н. Г. До розрахунку вертикального відстійника з врахуванням форми його нижньої частини / Н. Г. Степова, Ю. І. Калугін, О. Я. Олійник // Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки : наук.-техн. збірник. – К. : КНУБА, 2010. – № 14. – С. 145–151.
11. Таварткиладзе, И. М. Математическая модель расчета вертикальных отстойников с перегородкой / И. М. Таварткиладзе, А. М. Кравчук, О. М. Нечипор // Водоснабжение и санитарная техника. – М., 2006. – № 1, ч. 2. – С. 39–42.
12. Al-Qudah, O. M. Sedimentation Tank Simulation Design and Application in Wadi Al-Arab WWTP (Jordan) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://utminers.utep.edu/omal/design%20report 1.htm](http://utminers.utep.edu/omal/design%20report%201.htm). – Загл. с экрана.
13. Bürger, R. A consistent modeling methodology for secondary settling tanks in wastewater treatment / R. Bürger, S. Diehl, I. Nopens // Water Research. – 2011. – № 45(6). – P. 2247–2260.
14. Holenda, B. Development of modeling, control and optimization tools for the activated sludge process : thesis... Ph.D. / B. Holenda ; Doctorate School of Chemical Engineering University of Pannonia. – Pannonia, 2007. – 155 p.
15. Holenda, B. Comparison of one-dimensional secondary settling tank models [Electronic resource] / B. Holenda, I. Pasztor, A. Karpati, A. Redey // E-Water Official Publication of the European Water Association (EWA), EWA. – 2006. – 17 p. Режим доступа: http://www.ewaonline.de/journal/2006_06.pdf. – Загл. с экрана.
16. David, R. Classical Models of Secondary Settlers Revisited / R. David, A. VandeWouwer, P. Saucez, J.-L. Vassel // 16th European Symposium on Computer Aided Process Engineering (ESCAPE 2006) and 9th International Symposium on Process Systems Engineering. – Belgium, 2006. – P. 677–682.
17. Griborio, A. Secondary Clarifier Modeling: A Multi-Process Approach : diss. ... Dr. of Philosophy in The Engineering and Applied Sciences Program / A. Griborio ; University of New Orleans. – USA, 2004. – 440 p.
18. Plosz, B. G. A critical review of clarifier modeling: State-of-the-art and engineering practices / B. G. Plosz, I. Nopens, L. Rieger, A. Griborio, J. De Clercq, P. A. Vanrolleghem, G. T. Daigger, I. Takacs, J. Wicks, G. A. Ekama // IWA/WEF Wastewater Treatment : proceedings of the 3rd Modeling Seminar, (February 26-28. 2012 year). – Mont-Sainte-Anne, Quebec, Canada, 2012. – P. 27–30.
19. Plosz, B. G. Shall we upgrade one-dimensional secondary settler models used in WWTP simulators? – An assessment of model structure uncertainty and its propagation / B. G. Plosz, J. De Clercq, I. Nopens, L. Benedetti, P. A. Vanrolleghem // Water Science and Technology. – 2011. – № 63 (8). – P. 1726–1738.
20. Ramin, E. Significance of uncertainties derived from settling tank model structure and parameters on predicting WWTP performance – A global sensitivity analysis study / E. Ramin, G. Sin, P.S. Mikkelsen, B. G. Plosz // Systems Analysis and Integrated Assessment : proceedings of the 8th IWA Symposium (Watermatex 2011). – Spain, San Sebastian, 2011. – P. 476–483.
21. Schamber, D. R. Numerical analysis of flow in sedimentation basins / D. R. Schamber, B. E. Larock // Journal Hydraulic Division. – 1981. – P. 595–591.
22. Shahrokhi, M. The Computational Modeling of Baffle Configuration in the Primary Sedimentation Tanks / M. Shahrokhi, F. Rostami, Md Azlin Md Said, Syafalni // Environmental Science and Technology : proceedings of the 2nd International Conference (February 26-28. 2011 year). – Singapore, 2011. – Vol. 6. – P. V2-392–V2-396.
23. Shaw, A. Optimizing Energy Dissipating Inlet (Edi) Design In Clarifiers Using An Innovative CFD Tool / A. Shaw, S. McGuffie, C. Wallis-Lage, J. Barnard // Water Environment Federation (WEFTEC). – 2005. – P. 8719–8736.
24. Stamou, A. I. Design of two-storey final settling tanks using mathematical models / A. I. Stamou, M. Latsa, D. Assimacopoulos // Journal of Hydroinformatics. – 2000. – № 2 (4). – P. 235–245.

О. К. НАГОРНА^{1*}

^{1*}Каф. «Гідравліка», Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24^а, 49600, Дніпропетровськ, Україна, тел./факс. +38 (066) 752 13 32, ел. пошта ek_n@i.ua

CFD-МОДЕЛЬ ПРОЦЕСУ МАСОПЕРЕНОСУ У ВЕРТИКАЛЬНОМУ ВІДСТІЙНИКУ

Мета. В теперішній час в світі активно розвивається науковий напрямок по створенню теоретичних методів розрахунку каналізаційних відстійників. На практиці інженери використовують, як правило, балансові моделі та одномірні кінематичні моделі. Дані моделі не враховують гідродинаміку потоку усередині відстійника і його складну геометричну форму. Це є суттєвою перешкодою на шляху широкого застосування рівнянь Нав'є-Стокса в повсякденній практиці проектування. Застосування CFD-моделей, заснованих на вирішенні рівнянь Нав'є-Стокса вимагає застосування дуже дрібної сітки, що призводить до істотних витрат комп'ютерного часу на отримання прогностичних даних. Потрібно створення ефективної CFD-моделі для дослідження процесу очищення стічних вод у вертикальних відстійниках з урахуванням їх геометричної форми і конструктивних особливостей. **Методика.** Застосовуються різницеві схеми розщеплення, що реалізуються методом «бегущего счета». **Результати.** Розроблена 2-D-CFD-модель, що дозволяє протягом декількох секунд виконати розрахунок вертикального відстійника з урахуванням його геометричної форми, наявності центральної труби, її параметрів, наявності розсікача перед виходом з труби. Застосування в побудованій моделі методу маркування розрахункової області дає можливість виконувати пряме чисельне моделювання гідродинаміки течії і масопереносу у відстійниках без обмеження на їх форму. **Наукова новизна.** Створення CFD-моделей, що дозволяють, з одного боку врахувати геометричну форму відстійника, основні фізичні процеси масопереносу в споруді, а з іншого боку – вимагають невеликих затрат часу на отримання результатів. **Практична значимість.** Розроблена CFD-модель та побудований на її основі код дозволяють, при малих витратах комп'ютерного часу – приблизно таких же, як і при розрахунку одномірної моделі, вирішувати складні багатопараметричні завдання, що виникають на етапі проектування вертикальних відстійників з урахуванням їх форми і конструктивних особливостей.

Ключові слова: вертикальний відстійник; CFD-модель; чисельне моделювання; масоперенос

Е. К. NAGORNAYA^{1*}

^{1*}Department of Hydraulics, Prydneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, Chernishevskogo, 24^a, Dnepropetrovsk, 49600, Ukraine, tel. +38 (066) 752 13 32, e-mail ek_n@i.ua

CFD-MODEL OF THE MASS TRANSFER IN THE VERTICAL SETTLER

Purpose. Nowadays the mathematical models of the secondary settlers are intensively developed. As a rule the engineers use the 0-D models or 1-D models to design settlers. But these models do not take into account the hydrodynamics process inside the settler and its geometrical form. That is why the CFD-models based on Navier - Stokes equations are not widely used in practice now. The use of CFD-models based on Navier - Stokes equations needs to incorporate very refine grid. It is very actually now to develop the CFD-models which permit to take into account the geometrical form of the settler, the most important physical processes and needs small computer time for calculation. That is why the development of the 2-D numerical model for the investigation of the waste waters transfer in the vertical settlers which permits to take into account the geometrical form and the constructive features of the settler is essential. **Methodology.** The finite - difference schemes are applied. **Findings.** The new 2-D-CFD-model was developed, which permits to perform the CFD investigation of the vertical settler. This model takes into account the geometrical form of the settler, the central pipe inside it and others peculiarities. The method of «porosity technique» is used to create the geometrical form of the settler in the numerical model. This technique permits to build any geometrical form of the settler for CFD investigation. **Originality.** Making of CFD-model which permits on the one hand to take into account the geometrical form of the settler, basic physical processes of mass transfer in construction and on the other hand requiring the low time cost in order to obtain results. **Practical value.** CFD-model is designed and code which is constructed on its basis allows at low cost of computer time and

ЕКОЛОГІЯ НА ТРАНСПОРТІ

about the same as in the calculation of the 1-D model to solve complex multiparameter problems that arise during the design of vertical settlers with their shape and design features.

Keywords: vertical settler; CFD model; numerical simulation; mass transfer

REFERENCES

1. Belyayev N.N., Nagornaya H.K. 3D raschet vertikalnogo otstoynika na baze CFD modeli [3D calculation of vertical settler based on CFD model]. *Naukovi pratsi Vinnytskoho natsionalnoho tekhnichnoho universitetu* [Scientific works of Vinnytsia National Technical University], Vinnytsia, 2012, no. 3, pp. 1-10. Available at: http://www.nbu.gov.ua/e-journals/vntu/2012_3/2012-3.htm (Accessed 28 January 2013).
2. Belyayev N.N., Nagornaya E.K. K raschetu protsessa massoperenosa v vertikalnom otstoinike [Calculation of mass transfer in a vertical settler]. *Voda i vodoochisni tekhnologii. Naukovo-tekhnicni visti – Water and wastewater treatment technologies. Scientific and technical news*, 2012, no. 3 (9), pp. 32-40.
3. Belyayev N.N., Nagornaya E.K., Horsev P.V., Tischenko S.S. *Modelirovaniye protessa massoperenosa s ucheto energoeffektivnosti v vertikalnom otstoinike* [Modeling of mass transfer in view of energy efficiency in the vertical settler]. *Energozbezennia v budivnytvi ta arkhitekturi* [Energy savings in construction and architecture], Kiev, 2012, no. 3, pp. 114-120.
4. Davydov E.I., Lyamayev B.F. Issledovaniye i raschet vertikalnogo otstoinika so spiralno-navitoy nasadkoy [Investigation and calculation of vertical settler with spiral-wound packing]. *Inzhenerno-stroitelnyy zhurnal – Magazine of Civil Engineering*, 2011, no. 5, pp. 10-15.
5. Zhurovskiy M.Z., Skopetskiy V.V., Khrushch V.K., Belyayev N.N. *Chyslennoye modelirovaniye rasprostraneniya zagryazneniya v okruzhayushchey srede* [Numerical modeling of pollution in the environment]. Kiev, Naukova dumka Publ., 1997. 368 p.
6. Loytsyanskiy L.H. *Mekhanika zhidkosti i gaza* [Fluid and Gas Mechanics]. Moscow, Nauka Publ., 1978. 735 p.
7. Marchuk H.Y. *Matematicheskoye modelirovaniye v probleme okruzhayushchey sredy* [Mathematical modeling in the environmental problem]. Moscow, Nauka Publ., 1982. 320 p.
8. Oleynik A.Ya., Kalugin Yu.Y., Stepovaya N.G., Zyablikov S.M. Teoretycheskiy analiz protsessov osazhdeniya v sistemakh biologicheskoy ochistki stochnykh vod [Theoretical analysis of deposition processes in biological wastewater treatment]. *Prikladnaya gidromekhanika – Applied Hydromechanics*, 2004, no. 4, pp. 62-67.
9. Samarskiy A.A. *Teoriya raznostnykh skhem* [The theory of difference schemes]. Moscow, Nauka Publ., 1983. 616 p.
10. Stepova N.H., Kaluhin Yu.I., Oliynyk O.Ya. *Do rozrakhunku vertykalnoho vidstiinyka z urakhuvanniam formy yoho myzhnoi chastyny* [Calculation of vertical settler with the shape of its bottom]. *Problemy vodopostachannia, vodovidvedennia ta hidravliki* [Problems of water supply, sewerage and hydraulic], 2010, no. 14, pp. 145-151.
11. Tavartkyladze I.M., Kravchuk A.M., Nechypor O.M. Matematicheskaya model rascheta vertikalnykh otstoinikov s peregorodkoy [A mathematical model for calculating vertical tanks with divider]. *Vodosnabzheniye i sanitarnaya tekhnika – Water supply and sanitary engineering*, 2006, no. 1, part 2, pp. 39-42.
12. Al-Qudah O.M., Walton J.C. Sedimentation Tank Simulation Design and Application in Wadi Al-Arab WWTP (Jordan). 18 p. Available at: <http://utminers.utep.edu/omal/design%20report1.htm> (Accessed 28 January 2013).
13. Bürger R., Diehl S., Nopens I. A consistent modeling methodology for secondary settling tanks in wastewater treatment. *Water Research*, 2011, no. 45(6), pp. 2247-2260.
14. Holenda B. Development of modeling, control and optimization tools for the activated sludge process. Cand. Diss. Pannonia, 2007. 155 p.
15. Holenda B., Pasztor I., Karpati A., Redey A. Comparison of one-dimensional secondary settling tank models. E-Water Official Publication of the European Water Association (EWA), EWA, 2006, 17 p. Available at: http://www.ewaonline.de/journal/2006_06.pdf. (accessed 28 January 2013).
16. David R., VandeWouwer A., Saucez P., Vassel J.-L. Classical Models of Secondary Settlers Revisited. [Proc. 16th European Symposium on Computer Aided Process Engineering (ESCAPE 2006) and 9th International Symposium on Process Systems Engineering]. Belgium, 2006, pp. 677-682.
17. Griborio A. Secondary Clarifier Modeling: A Multi-Process Approach. Doct. Diss. New Orleans, USA, 2004. 440 p.
18. Plosz B. G., Nopens I., Rieger L., Griborio A., De Clercq J., Vanrolleghem P.A., Daigger G.T., Takacs, Wicks J., Ekama G.A. A critical review of clarifier modeling: State-of-the-art and engineering practices. [Proc. 3rd IWA/WEF Wastewater Treatment Modeling Seminar (WWTmod2012)]. Mont-Sainte-Anne, Quebec, 2012, pp. 27-30.

ЕКОЛОГІЯ НА ТРАНСПОРТІ

19. Plosz B.G., Clercq J.De, Nopens I., Benedetti L., Vanrolleghem P.A. Shall we upgrade one-dimensional secondary settler models used in WWTP simulators? – An assessment of model structure uncertainty and its propagation. *Water Science and Technology*, 2011, no. 63(8), pp. 1726-1738.
20. Ramin E., Sin G., Mikkelsen P.S., Plosz B.G. Significance of uncertainties derived from settling tank model structure and parameters on predicting WWTP performance – A global sensitivity analysis study [Proc. 8th IWA Symposium on Systems Analysis and Integrated Assessment Watermatex 2011]. San Sebastian, 2011, pp. 476-483.
21. Schamber D.R., Larock B.E. Numerical analysis of flow in sedimentation basins. *Journal Hydraulic Division*, 1981. pp. 595-591.
22. Shahrokhi M., Rostami F., Md Azlin Md Said, Syafalni. The Computational Modeling of Baffle Configuration in the Primary Sedimentation Tanks [Proc. 2nd International Conference on Environmental Science and Technology]. Singapore, 2011, vol. 6, pp. V2-392-V2-396.
23. Shaw A., McGuffie S., Wallis-Lage C., Barnard J. Optimizing Energy Dissipating Inlet (Edi) Design In Clarifiers Using An Innovative CFD Tool. *Water Environment Federation (WEFTEC)*, 2005, pp. 8719-8736.
24. Stamou A.I., Latsa M., Assimacopoulos D. Design of two-storey final settling tanks using mathematical models. *Journal of Hydroinformatics*, 2000, no. 2(4), pp. 235-245.

Статья рекомендована к публикации д.т.н., проф. Н. Н. Беляевым (Украина);
д.т.н., проф. В. Н. Деревянко (Украина).

Поступила в редколлегию 25.10.2012

Принята к печати 21.02.2013

УДК 502.3:504.5:665.633.048.5

Л. М. ЧЕРНЯК^{1*}

^{1*} Каф. екології Інститут екологічної безпеки, Національний авіаційний університет, проспект Космонавта Комарова, 1, 03680, Київ, Україна, тел. +38 (044) 406 70 29, факс. +38 (044) 408 54 00, ел. пошта aviationchemmotology@rumbler.ru

**ВТРАТИ ВІД ВИПАРОВУВАННЯ – ШЛЯХ ДО ПОГІРШЕННЯ
ЯКОСТІ ПАЛИВ**

Мета. На сьогодні спостерігається постійне розширення транспортного сектору. І, як наслідок, – постійне підвищення рівня забрудненості навколишнього середовища шкідливими вуглеводневими викидами автомобільного транспорту. Це стало причиною підвищення європейських вимог як до якості палива, що використовується, так і до норм викидів пари нафтопродуктів у атмосферу. Основними джерелами небезпечних викидів є: викиди вуглеводневої пари палив під час транспортування, зберігання, виконання різних технологічних операцій та викиди продуктів згорання палива. Рівень екологічності автомобіля напряму залежить від якості палива, що використовується. З огляду на дані обставини метою статті є дослідження взаємозв'язку втрат від випаровування автомобільних бензинів та можливих негативних змін його фізико-хімічних, експлуатаційних та екологічних характеристик. **Методика.** Використовуються стандартні методи контролю якості автомобільних бензинів та монографічний метод. **Результати.** У статті розглянуто взаємозв'язок втрат від випаровування та кондиційності бензинів. Представлені результати дослідження зміни фізико-хімічних та експлуатаційних властивостей автомобільного бензину внаслідок випаровування. У результаті аналізу отриманих результатів встановлено залежність кондиційності автомобільного бензину від кількісних втрат від випаровування. **Наукова новизна.** Вирішення важливої еколого-енергетичної проблеми завдяки запобіганню втратам автомобільного бензину від випаровування. **Практична значимість.** На об'єктах сфери нафтопродуктозабезпечення, необхідно обов'язково використовувати сучасні засоби запобігання втратам автомобільних бензинів від випаровування з метою зменшення негативного впливу на навколишнє середовище, як у результаті викидів шкідливої вуглеводневої пари автомобільних бензинів (під час зберігання, транспортування та виконання технологічних операцій), так і у результаті використання палива, що зазнало негативних змін якості унаслідок випаровування.

Ключові слова: втрати; якість; автомобільні бензини; фізична стабільність; забруднення навколишнього природного середовища

Вступ

На сьогодні спостерігається постійне розширення транспортного сектору. І, як наслідок, – постійне підвищення рівня забрудненості навколишнього середовища шкідливими вуглеводневими викидами автомобільного транспорту. Це стало причиною підвищення європейських вимог як до якості палива, що використовується, так і до норм викидів пари нафтопродуктів у атмосферу [6]. Основними джерелами небезпечних викидів є: викиди вуглеводневої пари палив під час транспортування, зберігання, виконання різних технологічних операцій та у результаті викидів продуктів згорання палива. Рівень екологічності автомобіля напряму залежить від якості палива, що використовується. Тому, дуже важливою є проблема дослідження взаємозв'язку втрат від випаровування автомобільних бензинів та можливих негативних змін його фізико-хімічних, експлуатаційних та екологічних характеристик.

Постановка завдання

Найбільш істотні втрати палив – природні, що зумовлені випаровуванням нафтопродуктів [7]. Крім зменшення кількості нафтопродукту під час випаровування, погіршується його якість унаслідок безповоротної втрати низькокиплячих вуглеводнів. Тобто, втрати від випаровування належать до якісно-кількісних втрат.

Теоретичним і експериментальним дослідженням процесу випаровування нафтопродуктів, розробленню методики розрахунку втрат, обґрунтуванню методів і засобів їх зменшення присвячено праці Ф. Ф. Абузової, М. І. Ашке-назі, А. М. Гіззатова, Х. Джаггера, В. Ф. Євтіхі-на, С. Г. Єдігарова, К. В. Єлшіна, Н. Н. Константінова, А. А. Коршака, В. І. Чернікіна та представників української хімотологічної школи НАУ С. В. Бойченка, О. В. Бойченка, Л. А. Федорович та інших [7, 5].

ЕКОЛОГІЯ НА ТРАНСПОРТІ

Перед нами постало завдання дослідження втрат автомобільного бензину в якісному та експлуатаційному аспектах. А саме, встановлення можливих змін випаровуваності автомобільного бензину марки А-95 у результаті випаровування певної його кількості. І, як результат, – можливих негативних експлуатаційних наслідків під час використання палива, що зазнало втрат від випаровування.

Вирішення завдання

Випаровуваність – це експлуатаційна властивість, що характеризує летючість автомобільного бензину та здійснює вплив на процеси утворення горючої суміші у двигуні, запалення й горіння, повноту згорання, величину втрат бензину під час зберігання, зміну якості внаслідок випаровування.

До фізичних властивостей, що характеризують випаровуваність бензину та його здатність до випаровування, відносять наступні: тиск насиченої пари, фракційний склад, в'язкість, поверхневий натяг, теплоту випаровування, коефіцієнт дифузії пари, густину і теплоємність. Найбільшою мірою випаровуваність бензинів залежить від компонентного та фракційного складу і тиску насиченої пари. За цими показниками бензини можуть відрізнятися між собою, тоді як інші показники, що впливають на випаровуваність, для всіх бензинів дуже близькі. Фракційний склад бензинів умовно поділяють на три частини: пускову – перші 10 % відгону, робочу – 10-90 % відгону та кінцеву – останні 10 % відгону [1]. Для нас найбільший інтерес представляють перші дві частини, адже наявність великої кількості летких вуглеводнів у складі автомобільного бензину може бути причиною підвищеної схильності до втрат від випаровування та до підвищеної схильності до утворення парових пробок. Тиск насиченої пари характеризує також наявність легких фракцій в бензині. Він є функцією складу бензину і залежить від температури й співвідношення парової і рідкої фаз. Підвищене значення тиску насиченої пари автомобільних бензинів вимагає максимального ступеню заповнення резервуарів (95-98 %) з метою запобігання втратам від випаровування. За об'єкт дослідження було обрано автомобільний бензин марки А-95. Нами було досліджено фізико-хімічні та експлуатаційні властивості бензину, що характеризують його випаровуваність.

Оскільки швидкість випаровування різних вуглеводнів не однакова, у нафтопродуктах, поряд зі зменшенням кількості низькокиплячих вуглеводнів, змінюється вуглеводневий склад товарного бензину марки А-95. У табл. 1 наведені отримані результати дослідження якісних характеристик проби автомобільного бензину до випаровування та після випаровування 5 % палива у статичних умовах з відкритої поверхні палива.

Ми бачимо значне обважчення фракційного складу, що є причиною зменшення кількості легких компонентів у складі даної проби бензину. Це, у свою чергу, може призвести до погіршення сумішоутворення і пускових характеристик, підвищення нагароутворення та закоксування форсунок, збільшення димності і підвищеному зносу деталей двигуна під час використання автомобільного бензину, що втратив частину легких фракцій внаслідок випаровування.

Зміни меж википання фракцій автомобільного бензину є наслідком зміни кількісного вмісту різних компонентів у його складі, що призведе до наступних змін експлуатаційних властивостей палива:

- підвищення $t_{п.к.}$ і t 10 % – погіршення пускових властивостей бензинів і прийомистість двигуна;
- підвищення t 50 % – зниження швидкості прогрівання двигуна і його прийомистість;
- підвищення t 90 % та $t_{к.к.}$ – зниження повноти згорання бензину та рівномірності розподілу робочої суміші по циліндрах двигуна.

Зниження тиску насиченої пари є також результатом зниження вмісту легких фракцій у складі даного бензину. Це також може стати причиною погіршення пускових властивостей автомобільного бензину.

У результаті втрати 5 % проби палива знизився важливий експлуатаційний показник бензину – октанове число.

Погіршення показників, що характеризують фізичну стабільність палива, таких як поверхневий натяг, показник заломлення, втрати від випаровування за методом Бударова є також наслідком зміни фракційного складу автомобільного бензину.

Таблиця 1

Фізико-хімічні показники, що характеризують випаровуваність автомобільного бензину

Найменування показника	Нормативне значення ДСТУ 4063	Фактично одержані ре- зультати (до випарову- вання 5 % па- лива)	Фактично одержані ре- зультати (після випарову- вання 5% палива)	Різниця між одержан- ими значен- нями
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
Тиск насиченої пари бензи- ну, кПа, не більше	79,9	34,2	30,3	3,9
Детонаційна стійкість: - октанове число за моторним методом, не менше	85,0	86,0	84,0	2,0
Фракційний склад: Температура початку кипін- ня, °С, не нижче	30	38,0	40,5	2,5
- 10 % переганяється за тем- ператури, °С, не вище	-	53,5	61,0	7,5
- 20 % переганяється за тем- ператури, °С, не вище	-	60,0	78,0	8,0
- 30 % переганяється за тем- ператури, °С, не вище	-	67,2	76,4	9,2
- 40 % переганяється за тем- ператури, °С, не вище	-	77,2	87,0	9,8
- 50 % переганяється за тем- ператури, °С, не вище	75	89,4	98,0	8,6
- 60 % переганяється за тем- ператури, °С, не вище	-	98,5	105,2	6,7
- 70 % переганяється за тем- ператури, °С, не вище	-	108,2	115,0	6,8
- 80 % переганяється за тем- ператури, °С, не вище	-	115,4	122,6	7,2
- 90 % переганяється за тем- ператури, °С, не вище	120	120,0	128,5	8,5
Кінець кипіння, °С, не вище	215	158,5	161,5	3,0
Показник заломлення, n_D^{20}	-	1,4332	1,4455	0,0123
Ароматичні вуглеводні, не більше %	45	38,193	41,505	3,312
Втрати від випаровування за П.І. Бударовим, %	-	2,2829	0,6872	1,5957
Клас випаровуваності за EN 228	-	B	A	-
Густина за температури 20°C, у межах	725-780	745,0	756,0	11,0
Поверхневий натяг: за методом Ребіндера, мН/м	-	22,5	21,5	1,0

Висновок

У результаті аналізу отриманих результатів встановлено залежність кондиційності автомо-
більного бензину від випаровування. Отже, на
об'єктах сфери нафтопродуктозабезпечення не-

обхідно обов'язково використовувати сучасні
засоби запобігання втратам автомобільних бен-
зинів від випаровування з метою зменшення
негативного впливу на навколишнє середови-
ще, як у результаті викидів шкідливих вуглево-
дневої пари автомобільних бензинів (під час

ЕКОЛОГІЯ НА ТРАНСПОРТІ

зберігання, транспортування та виконання технологічних операцій), так і у результаті використання палива, що зазнало негативних змін якості унаслідок випаровування.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ
ИСТОЧНИКОВ

1. Бойченко, С. В. Розрахунок складової втрат від випаровування нафтопродуктів в умовах їх зберігання / С. В. Бойченко, Л. М. Черняк, Л. А. Федорович // Вопросы химии и химической технологии. – 2006. – № 1. – С. 130–133.
2. Игнатов, А. Метрология в автоцистернах / А. Игнатов // Современная АЗС. – 2005. – № 6. – С. 6–11.
3. Молчанов, О. В. Определение массовой концентрации паров автомобильных бензинов / О. В. Молчанов, С. В. Старый // Химия и технология топлив и масел. – 2008. – № 1. – С. 44–46.
4. Коршак, А. А. Нефтебазы и АЗС : учеб. пособие / А. А. Коршак, Г. Е. Коробков, Е. М. Муфтахов. – Уфа : ДизайнПолиграфСервис, 2006. – 416 с.
5. Lashkova, T. Air pollution near a port oil terminal / T. Lashkova, V. Zabukas, P. Baltrėnas, P. Vaitiekūnas // Chemical and Petroleum Engineering. – 2007. – № 43 – P. 358–361.
6. Karakitsios, S. P. Contribution to ambient benzene concentrations in the vicinity of petrol stations: Estimation of the associated health risk / V. K. Delis, P. A. Kassomenos, G. A. Pilidis // Atmospheric Environment. – 2007. – № 41. – P. 1889–1902.
7. Labeckas, G. The effect of ethanol, petrol and rapeseed oil blends on direct injection diesel engine performance and exhaust emissions / G. Labeckas, S. Slavinskas // Transport. – 2010. – № 25. – P. 116–128.
8. Boychenko S. Quality and ecological safety of motor fuels / S. Boychenko, O. Vovk, L. Chernyak, K. Akinina, I. Shkilnyuk // AWPA-2007 : Book of Abstracts of International Symposium on air and water pollution abatement. – Zaccopane, 2007. – P. 41–42.

Л. Н. ЧЕРНЯК^{1*}

^{1*} Каф. экологии Институт экологической безопасности, Национальный авиационный университет, проспект Космонавта Комарова, 1, 03680, Киев, Украина, тел. +38(044) 406 70 29, факс. +38 (044) 408 54 00, эл. почта aviationchemmotology@rumbler.ru

ПОТЕРИ ОТ ИСПАРЕНИЯ - ПУТЬ К УХУДШЕНИЮ КАЧЕСТВА
ТОПЛИВ

Цель. Сегодня наблюдается постоянное расширение транспортного сектора. И, как следствие, - постоянное повышение уровня загрязненности окружающей среды вредными углеводородными выбросами автомобильного транспорта. Это стало причиной повышения европейских требований как к качеству топлива, что используется, так и к нормам выбросов пары нефтепродуктов в атмосферу. Основными источниками опасных выбросов: выбросы углеводородного пары топлива во время транспортировки, хранения, выполнения различных технологических операций и выбросы продуктов сгорания топлива. Уровень экологичности автомобиля прямо зависит от качества используемого топлива. Исследование взаимосвязи потерь от испарения автомобильных бензинов и возможных негативных изменений его физико-химических, эксплуатационных и экологических характеристик. **Методика.** Используются стандартные методы контроля качества автомобильных бензинов и монографический метод. **Результаты.** В статье рассмотрена взаимосвязь потерь от испарения и кондиционности бензинов. Представлены результаты исследования изменения физико-химических и эксплуатационных свойств автомобильного бензина вследствие испарения. В результате анализа полученных результатов установлена зависимость кондиционности автомобильного бензина от количественных потерь от испарения. **Научная новизна.** Решение важной эколого-энергетической проблемы благодаря предотвращению потери автомобильного бензина от испарения. **Практическая значимость.** На объектах сферы нефтепродуктообеспечения, необходимо обязательно использовать современные средства предотвращения потерь автомобильных бензинов от испарения с целью уменьшения негативного воздействия на окружающую среду, как в результате выбросов вредных углеводородных паров автомобильных бензинов (при хранении, транспортировке и выполнении технологических операций), так и в результате использования топлива, которое испытало негативные изменения качества в результате испарения.

Ключевые слова: потери; качество; автомобильные бензины; физическая стабильность; загрязнение окружающей природной среды

L. M. CHERNIAK^{1*}

^{1*} Department of Ecology, Institute of Environmental Safety, National Aviation University, Ukraine, 03680, Kiev, Kosmonavta Komarova, 1, tel. +38 (044) 406 70 29, fax +38 (044) 408 54 00 e-mail aviationchemmotology@rumbler.ru

THE LOSSES FROM EVAPORATIONS IS THE WAY FOR QUALITY LOSSES OF FUELS

Purpose. Nowadays expansion of transport sector is observed. As a result, the level of environment pollution with harmful hydrocarbon transport emissions is constantly increased. This has caused the increasing of European requirements both to used fuel quality and the standards of fuel emissions into the atmosphere. The basic sources of hazardous emissions are: emissions of hydrocarbon vapors fuels during transportation, storage implementation of different technological operations, as well as products of fuel combustion. The level of vehicle environmental safety depends on quality of used fuel. Taking into account given circumstances the purpose of the article is the study of correlation between losses of motor gasoline from evaporation and possible negative changes of their physical and chemical, operating and environmental properties. **Methodology.** Standard methods of control of gasoline quality and monographic method. **Findings.** The interaction between losses from evaporation and standard of fuel is considered in the article. The results of research of physical and chemical and operating properties changes of motor conditioned by evaporation are presented. The analysis has showed the dependence of motor standard on quantitative losses from evaporation. **Originality.** Solving of important ecologic and energetic problem by preventing the losses of gasoline from evaporation. **Practical value.** The petroleum sector plants should be equipped with modern facilities for prevention of motor gasoline evaporation losses in order to minimize negative influence on the environment, as a result of both harmful hydrocarbon vapors emissions of gasoline (during storage, transportation and implementation of technological operations) and fuel use, which have undergone the negative changes of quality in consequence of evaporation.

Keywords: losses; quality; gasoline; physical stability; environmental pollution

REFERENCES

1. Boychenko S.V., Chernyak L.M., Fedorovych L.A. Rozrakhunok skladovoi vtrat vid vyparovuvannia naftoproduktiv v umovakh yikh zberihannia [Calculation of fuels losses from evaporation constituent during their storage]. Voprosy khimii i khimicheskoy tekhnologii – The chemistry and chemical engineering, 2006, no. 1, pp. 130-133.
2. Ignatov A. "Metrologiya" v avtotsisternakh [Metrology in the tank-cars]. Sovremennaya AZS – Contemporary filling station, 2005, no. 6. pp. 6-11.
3. Molchanov O.V., Staryy S.V. Opredeleniye massovoy kontsentratsii parov avtomobilnykh benzinov [Determination of the mass concentration of gasoline vapors]. Khimiya i tekhnologiya topliv i masel – Chemistry and Technology of Fuels and Oils, 2008, no. 1, pp. 44-46.
4. Korshak A.A., Korobkov G.Ye., Muftakhov Ye.M. Neftebazy i AZS [Petroleum-storage deport and filling stations]. Ufa, DizaynPoligrafServis Publ., 2006. 416 p.
5. Lashkova T., Zabukas V., Baltrėnas P., Vaitiekūnas P. Air pollution near a port oil terminal. Chemical and Petroleum Engineering, 2007, no. 43, pp. 358-361.
6. Karakitsios S.P., Delis V.K., Kassomenos P.A., Pilidis G.A. Contribution to ambient benzene concentrations in the vicinity of petrol stations: Estimation of the associated health risk. Atmospheric Environment, 2007, no. 41, pp. 1889-1902.
7. Labeckas G., Slavinskas S. The effect of ethanol, petrol and rapeseed oil blends on direct injection diesel engine performance and exhaust emissions. Transport, 2010, no. 25, pp. 116-128.
8. Boychenko S., Vovk O., Chernyak L., Akinina K., Shkilnyuk I. Quality and ecological safety of motor fuels. AWPА-2007: Book of Abstracts of International Symposium on air and water pollution abatement. Zaccopane, 2007, pp. 41-42.

Стаття рекомендована до публікації к.х.н. Й. А. Любіним (Україна); д.т.н., проф. С. В. Бойченком (Україна), д.х.н., проф. Л. О. Сніжко (Україна)

Прийнята до редакції 11.12.2012

Прийнята до друку 22.02.2013

ЕКОНОМІКА ТА УПРАВЛІННЯ

УДК 33.012.46

В. Д. ЗЕЛІКМАН^{1*}, О. Ю. РУБЕЦЬ²

^{1*} Кафедра обліку і аудиту, Національна металургійна академія України, пр. Гагаріна, 4, м. Дніпропетровськ, Україна, 49600, тел. +38 (0562) 47 44 51, +38 (067) 765 58 76, ел. пошта Zelikman@mail.ru

² Кафедра обліку і аудиту, Національна металургійна академія України, пр. Гагаріна, 4, м. Дніпропетровськ, Україна, 49600, тел. +38 (067) 565 83 60, ел. пошта ruolga.ua@yandex.ua

МЕТОДИКА ОЦІНКИ ЯКІСНИХ ПОКАЗНИКІВ ЕФЕКТИВНОСТІ ДІЯЛЬНОСТІ НЕПРИБУТКОВИХ ОРГАНІЗАЦІЙ

Мета. Розробка методики оцінки якісних показників ефективності діяльності неприбуткових організацій у сучасних вітчизняних умовах. **Методика.** Для досягнення цілей дослідження був використаний порівняльний аналіз деяких існуючих методик, які були запропоновані відомими зарубіжними експертами для оцінки рівня організаційного розвитку некомерційних організацій. **Результати.** Проаналізована система індикаторів, запропонована К. МакНамарою для оцінки рівня організаційного розвитку некомерційних організацій, та її відповідність чинним умовам діяльності неприбуткових організацій в Україні. Розглянута методика А. Вакуленка для якісної оцінки російських некомерційних організацій за п'ятьма блоками параметрів оцінки чинників внутрішнього середовища організації з точки зору їх впливу на її зовнішнє середовище та забезпечення цього впливу, та визначена можливість застосування вказаних параметрів для вітчизняних неприбуткових організацій. З використанням окремих елементів розглянутих методик розроблена методика оцінки якісних показників ефективності діяльності неприбуткових організацій в Україні. **Наукова новизна.** На основі аналізу існуючих методик оцінки неприбуткових організацій запропонована адаптована методика оцінки якісних показників ефективності їх діяльності у сучасних вітчизняних умовах. **Практична значимість.** Діяльність некомерційних організацій вимагає використання певних матеріальних і фінансових ресурсів, що призводить до необхідності об'єктивної оцінки ефективності діяльності певної неприбуткової організації та, відповідно, до розробки методики такої оцінки.

Ключові слова: неприбуткові організації; організаційний розвиток; ефективність діяльності; методика оцінки; якісні показники

Вступ

На сьогодні в Україні існує достатньо велика кількість некомерційних неприбуткових організацій різних типів та форм власності. Їх діяльність, спрямована на досягнення різноманітних суспільно корисних цілей (соціальних, добродійних, культурних, освітніх та ін.), як правило, вимагає використання певних матеріальних і фінансових ресурсів [4, 5]. Це призводить до потреби об'єктивної оцінки ефективно-

сті діяльності певної неприбуткової організації та, відповідно, до необхідності розробки методики такої оцінки.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

На сьогодні у всьому світі оцінці ефективності діяльності неприбуткових некомерційних організацій приділяється достатньо велика увага [8, 3]. Проте, в більшості випадків, така оцінка виробляється на регіональному рівні, тобто оцінюється не окрема неприбуткова організа-

ЕКОНОМІКА ТА УПРАВЛІННЯ

ція, а соціальний, політичний, екологічний та інший подібний ефект діяльності неприбуткових організацій в певному регіоні [6, 1].

Крім того, оцінка ефективності таких організацій, яка виробляється на підставі експертної оцінки певних параметрів їх діяльності, вимагає урахування її особливостей в певній країні, що вимагає адаптації існуючих методик до сучасних умов України [7]. Таким чином, сучасний стан методології оцінки ефективності діяльності вітчизняних неприбуткових некомерційних організацій обумовлює необхідність проведення додаткових досліджень.

Мета дослідження

Метою даного дослідження є розробка методики оцінки якісних показників ефективності діяльності неприбуткових організацій у сучасних вітчизняних умовах.

Виклад основного матеріалу дослідження

Для оцінки рівня організаційного розвитку некомерційних організацій відомий міжнародний консультант К. МакНамара пропонує використовувати наступні групи індикаторів [9]:

- рада директорів;
- планування;
- оцінка програм і результатів;
- управління інформацією;
- персонал;
- управління волонтерами;
- фінанси;
- комунікації;
- ризики і страховки;
- правові аспекти;
- устаткування і приміщення.

Кожна з вказаних груп включає від п'яти до п'ятнадцяти індикаторів, кожен з яких характеризує певний аспект діяльності аналізованої некомерційної організації і оцінюється по двох параметрах:

а) рейтинг – значущість цього індикатора, заснована на його важливості для дії та ефективності для цієї некомерційної організації;

б) стан – характеристика наявності і необхідності параметрів, що описуються цим індикатором, в існуючих умовах діяльності цієї конкретної некомерційної організації.

Відповідно до методики К. МакНамари ко-

жному із запропонованих їм індикаторів за його значущістю для цієї конкретної некомерційної організації може бути присвоєний наступний рейтинг:

1) E (Essential) – сутнісні (базові) індикатори, що визначають основні, найбільш суттєві вимоги до діяльності оцінюваної некомерційної організації; невідповідність будь-якої організації вимогам індикаторів цієї групи ставить під загрозу саме існування цієї організації;

2) R (Recommended) – рекомендаційні індикатори, що визначають вимоги до оцінюваної організації, рекомендовані на підставі стандартної практики ефективної діяльності некомерційних організацій;

3) A (Additional) – додаткові індикатори, що визначають вимоги до оцінюваної організації, які не є обов'язковими, але відповідність яким дозволить підвищити цій некомерційній організації ефективність її діяльності.

Паралельно визначається стан параметра, що описується цим індикатором, в існуючих умовах діяльності цієї конкретної некомерційної організації з присвоєнням однієї з наступних оцінок:

1) M (Met) – діючі індикатори, які показують, що для цієї некомерційної організації параметри, що характеризуються цим індикатором, є актуальними, організація про них обізнана і здійснює активну роботу в цьому напрямі;

2) N/W (Needs Work) – необхідні індикатори, які показують, що для цієї некомерційної організації параметри, що характеризуються цим індикатором, є актуальними, проте організація про них або не обізнана, або робота в цьому напрямі ведеться недостатньо ефективно, і вимагається інтенсифікація зусиль для досягнення організацією бажаного стану по цьому параметру з урахуванням змін, що постійно відбуваються в її внутрішньому і зовнішньому середовищі;

3) N/A (Not Actual) – неактуальні індикатори, які показують, що для цієї некомерційної організації параметри, що характеризуються цим індикатором, є або об'єктивно непридатними в існуючих умовах її діяльності, або нині ця організація не переконана в необхідності відповідності вимогам цього індикатора (що не

ЕКОНОМІКА ТА УПРАВЛІННЯ

унеможливилює використання його цією організацією в майбутньому).

В цілому, запропонована К. МакНамарой методика оцінки рівня організаційного розвитку некомерційних організацій є універсальною і дає досить детальну і об'єктивну характеристику оцінюваної організації. Проте, в цій системі індикаторів значна кількість параметрів є неактуальними для існуючих умов діяльності неприбуткових організацій в Україні і, разом з цим, відсутній ряд істотних параметрів оцінки (наприклад, індикаторів, що характеризують сутність діяльності даної організації). Це призводить до висновку про необхідність певної адаптації цієї методики до існуючих вітчизняних умов.

Російський експерт А. Вакуленко запропонував здійснювати якісну оцінку некомерційних організацій по ряду параметрів, згрупованих в п'ять блоків, які відповідають найбільш важливим аспектам діяльності таких організацій [2]. В основі формування блоків полягає оцінка чинників внутрішнього середовища організації з точки зору їх впливу на її зовнішнє середовище та забезпечення цього впливу з урахуванням експертного досвіду і аналізу діяльності російських некомерційних організацій.

Кожен блок включає декілька шкал, які є описом чотирьох різних станів організації від початкової до успішної. Для оцінки рівня організаційного розвитку конкретної некомерційної організації за кожною шкалою необхідно вибрати опис, який найбільш точно визначає реально існуючий стан цієї організації. У разі, якщо за якою-небудь шкалою оцінювана некомерційна організація демонструє ознаки, що відносяться до різних пунктів, необхідно обрати пункт, який максимально точно характеризує цей параметр діяльності організації по найбільш суттєвих аспектах.

Запропонована А. Вакуленко методика оцінки рівня організаційного розвитку некомерційних організацій включає наступні блоки і шкали [2]:

А) змістовна діяльність / послуги, що надаються, – центральний блок в оцінці організації, який характеризує сенс її існування; включає три шкали: якість послуг / робіт (А.1), кваліфікація/компетентність фахівців (А.2) та економі-

чна ефективність (А.3);

Б) управління діяльністю – блок, який характеризує міру продуманості, цілеспрямованості та спланованості діяльності організації; включає дві шкали: місія, стратегія, завдання (Б.1) та виявлення потреб, планування, дія, оцінка результатів (Б.2);

В) інтеграція в громадське суспільство – блок, який характеризує міру інтегрованості некомерційної організації в структуру громадського суспільства; включає п'ять шкал: прозорість для контролю, відкритість (В.1), залучення добровольців (В.2), опікунська рада (В.3), підтримка діяльності клієнтами / громадськістю (В.4) та захист громадянських інтересів (В.5);

Г) культура робочих стосунків – блок, який характеризує внутрішній психологічний клімат в некомерційній організації і механізми, що дозволяють їй трансливати зразки своєї діяльності новим співробітникам, підтримувати і удосконалювати своє функціонування; включає чотири шкали: стиль і стосунки в команді (Г.1), традиції (Г.2), письмові норми (Г.3) та включення в професійне середовище / мережі (Г.4);

Д) ресурси – блок, який характеризує деякі ресурси, необхідні для забезпечення діяльності некомерційної організації; включає три шкали: людські ресурси (Д.1), фінансові ресурси (Д.2) та приміщення і устаткування (Д.3).

Зіставлення змісту блоків шкал, запропонованих А. Вакуленко [2], та груп індикаторів, що оцінюються за методикою К. МакНамари [9], наведено в табл. 1.

Прочерк у першому стовпці таблиці 1 означає, що параметри, які оцінюються в цій групі шкал А. Вакуленко, в жодній з груп індикаторів К. МакНамари не оцінюються; прочерк в другому стовпці зазначеної таблиці означає, що параметри, які оцінюються в цій групі індикаторів К. МакНамари, не оцінюються по шкалах А. Вакуленко.

З метою адаптації розглянутих методик до сучасних умов діяльності неприбуткових організацій в Україні доцільно доповнити блок А "Змістовна діяльність / послуги, що надаються", шкалою "Затребуваність послуг / робіт", а шкалу "Опікунська рада" перенести з блоку В "Інтеграція в громадянське суспільство" в блок Б "Управління діяльністю". Крім того, блок Б має

ЕКОНОМІКА ТА УПРАВЛІННЯ

бути доповнений шкалами "Організаційна структура управління" і "Мотивованість персоналу", після чого цей блок характеризуватиме не лише те, наскільки діяльність організації

продумана, цілеспрямована та спланована, але і те, наскільки ця діяльність організована і контрольована.

Таблиця 1

Зіставлення параметрів оцінки рівня організаційного розвитку некомерційних організацій по методиках К. МакНамари [9] та А. Вакуленко [2]

Групи індикаторів (К. МакНамара)	Блоки шкал (А. Вакуленко)
1. Рада директорів	В. Інтеграція в громадянське суспільство
2. Планування	Б. Управління діяльністю
3. Оцінка програм і результатів	Б. Управління діяльністю
4. Управління інформацією	–
5. Персонал	А. Змістовна діяльність / послуги, що надаються
6. Управління волонтерами	В. Інтеграція в громадянське суспільство
7. Фінанси	Д. Ресурси
8. Комунікації	–
9. Ризики і страховки	–
10. Правові аспекти	–
11. Устаткування і приміщення	Д. Ресурси
–	Г. Культура робочих стосунків

Блок В "Інтеграція в громадянське суспільство" замість шкали "Опікунська рада" доцільно доповнити шкалою "Міжсекторна взаємодія і позиціонування НКО", а в блоці Д "Ресурси" шкалу "Приміщення і устаткування" змінити на шкалу "Матеріально-технічні ресурси" та доповнити шкалою "Інформаційні ресурси".

Для усіх додаткових шкал відповідно до методики А. Вакуленко [2] були розроблені описи чотирьох різних станів некомерційної організації від початкової до успішної.

Таким чином, запропонована для вітчизняних умов адаптована методика для оцінки якісних параметрів ефективності діяльності неприбуткової організації має складатись з п'яти блоків оціночних шкал:

– блок А "Змістовна діяльність та послуги, що надаються": затребуваність послуг; якість робіт та послуг (а.1), кваліфікація та компетентність спеціалістів (а.2), економічна ефективність (а.3);

– блок Б "Управління діяльністю": місія, стратегія, задачі (б.1), виявлення потреб, планування, дії, оцінка результатів (б.2), опікунська рада (б.3), організаційна структура управління, (б.4), мотивованість персоналу (б.5);

– блок В "Інтеграція в громадянське суспільство": прозорість для контролю і відкритість

(в.1), залучення волонтерів (в.2), підтримка діяльності клієнтами та громадськістю (в.3), захист громадянських інтересів (в.4), міжсекторна взаємодія і позиціонування (в.5);

– блок Г "Культура робочих відносин": стиль і відношення в команді (г.1), традиції (г.2), письмові норми (г.3), залучення до професійного середовища (г.4);

– блок Д "Ресурси": людські ресурси (д.1), фінансові ресурси (д.2), матеріально-технічні ресурси (д.3), інформаційні ресурси (д.4).

В позначеннях шкал великі літери замінені на малі, оскільки для більшості блоків шкали за адаптованою методикою мають абсолютно інший зміст, ніж шкали аналогічних блоків з відповідними номерами за методикою А. Вакуленко [2].

Висновки та перспективи подальших досліджень

Таким чином, на основі проведення зіставного аналізу деяких існуючих методик оцінки неприбуткових організацій, а саме, методики оцінки рівня організаційного розвитку К. МакНамари та якісної оцінки по параметрах, які відповідають найбільш важливим аспектам діяльності організацій за методикою А. Вакулен-

ЕКОНОМІКА ТА УПРАВЛІННЯ

ко, була розроблена адаптована методика для оцінки якісних параметрів діяльності вітчизняних неприбуткових організацій.

Предметом подальшого дослідження має стати розробка методики оцінки кількісних показників ефективності діяльності неприбуткових організацій в Україні.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Акопян, А. Доклад о социальных инвестициях в России / А. Акопян. – М. : Ассоциация менеджеров России, 2004. – 80 с.
2. Вакуленко, А. Оценка организационного развития НКО [Электронный ресурс] / А. Вакуленко. – Режим доступа: <http://www.trainet.org/books/view/124>. – Загл. с экрана.
3. Зеликман, В. Д. Методика оценки экономической эффективности деятельности некоммерческих организаций / В. Д. Зеликман // Nauka i innowacja : materialy IV międzynarodowej naukowo-praktycznej konferencji. – Przemysł, 2008. – Vol. 2. : Ekonomiczne nauki. – P. 31–33.
4. Зеликман, В. Д. Оцінка якісних показників ефективності діяльності неприбуткових організацій / В. Д. Зеликман, О. Ю. Рубець. // Naukowa przestrzeń Europy : materiały VIII Międzynarodowej naukowo-praktycznej konferencji. – Przemysł, 2012. – Vol. 5. : Ekonomiczne nauki. – P. 64–66.
5. Інформація управлінського обліку в аналізі ефективності діяльності державних вищих навчальних закладів : монографія / Г. О. Король, Н. Г. Шпанковська, М. В. Куцинська, Т. В. Акімова, Н. П. Потрус. – Д. : Середняк Т.К., 2012. – 326 с.
6. Макаренко, О. В. Кредитный рейтинг территорий и социальная ответственность бизнеса / О. В. Макаренко, Л. Н. Коновалова, В. Н. Якимец. – М. : International Resources, 2003. – 32 с.
7. Рубец, О. Ю. Подходы к оценке эффективности деятельности бюджетных организаций / О. Ю. Рубец // Экономика, финансы, менеджмент: проблемы и перспективы (30.10–31.10.2012) : материалы междунар. науч.-практ. конф. – Х. : ИФИ, 2012. – С. 28–30.
8. Якимец, В. Н. Межсекторное социальное партнерство: возможности и ограничения / В. Н. Якимец. – М. : Кеннан, 2001. – 40 с.
9. McNamara, C. Field Guide to Consulting and Organizational Development With Nonprofits: A Collaborative and Systems Approach to Performance, Change and Learning / C. McNamara. – Minneapolis : Authenticity Consulting, LLC, 2005. – 517 p.

В. Д. ЗЕЛИКМАН^{1*}, О. Ю. РУБЕЦЬ²

^{1*} Кафедра учета и аудита, Национальная металлургическая академия Украины, пр. Гагарина, 4, г. Днепропетровск, Украина, 49600, тел. +38 (0562) 47 44 51, +38 (067) 765 58 76, эл. почта Zelikman@mail.ru

² Кафедра учета и аудита, Национальная металлургическая академия Украины, пр. Гагарина, 4, г. Днепропетровск, Украина, 49600, тел. +38 (067) 565 83 60, эл. почта guolga.ua@yandex.ua

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ КАЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НЕПРИБЫЛЬНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ

Цель работы. Разработка методики оценки качественных показателей эффективности деятельности неприбыльных организаций в современных отечественных условиях. **Методика.** Для достижения целей исследования использован сравнительный анализ некоторых существующих методик, которые были предложены известными зарубежными экспертами для оценки уровня организационного развития некоммерческих организаций. **Результаты.** Проанализирована система индикаторов, предложенная К. МакНамарой для оценки уровня организационного развития некоммерческих организаций, и ее соответствие существующим условиям деятельности неприбыльных организаций в Украине. Рассмотрена методика А. Вакуленко для качественной оценки российских некоммерческих организаций по пяти блокам параметров оценки факторов внутренней среды организации с точки зрения их влияния на ее внешнюю среду и обеспечения этого влияния, и определена возможность применения указанных параметров для отечественных неприбыльных организаций. С использованием отдельных элементов рассмотренных методик разработана методика оценки качественных показателей эффективности деятельности неприбыльных организаций в Украине. **Научная новизна.** На основе анализа существующих методик оценки неприбыльных организаций предложена адап-

ЕКОНОМІКА ТА УПРАВЛІННЯ

тированная методика оценки качественных показателей эффективности их деятельности в современных отечественных условиях. **Практическая значимость.** Деятельность некоммерческих организаций требует использования определенных материальных и финансовых ресурсов, что приводит к необходимости объективной оценки эффективности деятельности конкретной неприбыльной организации и, соответственно, разработки методики такой оценки.

Ключевые слова: неприбыльные организации; организационное развитие; эффективность деятельности; методика оценки; качественные показатели

V. D. ZELIKMAN^{1*}, O. Yu. RUBETS²

^{1*} Accounting and audit department, National metallurgical academy of Ukraine, Gagarin ave., 4, Dnepropetrovsk, Ukraine, 49600, tel. +38 (0562) 47 44 51, +38 (067) 765 58 76, e-mail Zelikman@mail.ru

² Accounting and audit department, National metallurgical academy of Ukraine, Gagarin ave., 4, Dnepropetrovsk, Ukraine, 49600, tel. +38 (067) 565 83 60, e-mail ruolga.ua@yandex.ua

THE METHOD OF QUALITY INDICATORS EVALUATION FOR NON-PROFIT ORGANIZATIONS ACTIVITIES

Purpose. Development of evaluation method of quality indicators for non-profit organizations activities in existing domestic conditions. **Methodology.** To achieve the research purposes a comparative analysis of some existing methods which were suggested by famous foreign experts for evaluation of organizational development level of non-profit organizations was used. **Findings.** The system of indicators suggested by C. McNamara for organizational development level assessment of non-commercial organizations and its correspondence for existing conditions of non-profit organizations activities in Ukraine have been analyzed. The technique of A. Vakulenko for qualitative evaluation of Russian non-commercial organizations has also been considered which includes five blocks of parameters for evaluation of internal organizational environment factors according their influence for external organizational environment and support of this influence. The possibility of the designated parameters application applications for domestic non-profit organizations is determined. Based on the separated elements of considered method the method of quality indicators evaluation of activities effectiveness for non-profit organizations in Ukraine is developed. **Originality.** The adapted method of quality indicators evaluation for non-profit organizations activities based on an analysis of their assessing existing methods is offered. **Practical value.** Non-profit organizations activities require usage of the certain material and financial resources. It leads to the need of an objective evaluation of the activity effectiveness for the particular non-profit organization and therefore to development of that assessment methods

Keywords: non-profit organizations; organizational development; efficiency of activities; method of evaluation; quality indicators

REFERENCES

1. Akopyan A. *Doklad o sotsialnykh investitsiyakh v Rossii* [Report on social investments in Russia]. Moscow, Assotsiatsiya menedzherov Rossii Publ., 2004. 80 p.
2. Vakulenko A. *Otsenka organizatsionnogo razvitiya NKO* (Assessment of NCO organizational development). Available at: <http://www.trainet.org/books/view/124> (Accessed 20 February 2013).
3. Zelikman V.D. Metodika otsenki ekonomicheskoy effektivnosti deyatel'nosti nekommercheskikh organizatsiy [Methodology of the economical effectiveness evaluation of non-profit organizations]. Materialy IV mezhdunarodovoy naukovy-praktycznej konferencii «Nauka i inowacja - 2008», vol. 2. Ekonomiczne nauki Publ., Przemysł, 2008, pp. 31-33.
4. Zelikman V.D., Rubets O.Yu. Otsinka iakisnykh pokaznykiv efektyvnosti diialnosti neprybutkovykh organizatsii [Quality indicators evaluation for non-profit organizations activities]. Materialy VIII Mezhdunarodovoy naukovy-praktycznej konferencii «Naukowa przestrzeń Europy - 2012», vol. 5. Ekonomiczne nauki Publ., Przemysł, 2012, pp. 64-66.
5. Korol G.O., Shpankovska N.G., Kutsynska M.V., Akimova T.V., Potrus N.P. *Informatsiia upravlynskoho obliku v analizi efektyvnosti diialnosti derzhavnykh vyshchykh navchalnykh zakladiv* [Information of managerial

ЕКОНОМІКА ТА УПРАВЛІННЯ

- accounting in the analysis of effectiveness of public higher education establishments]. Dnepropetrovsk, Seredniak T.K. Publ., 2012. 326 p.
6. Makarenko O.V., Konovalova L.N., Yakimets V.N. *Kreditnyy reyting territoriy i sotsialnaya otvetstvennost biznesa* [Loan rating of territories and social responsibility of business]. Moscow, International Resources Publ., 2003. 32 p.
 7. Rubets O.Yu. Podkhody k otsenke effektivnosti deyatel'nosti byudzhetykh organizatsiy [Approaches to effectiveness assessing of budget organizations activities]. *Materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii "Ekonomika, finansy, menedzhment: problemy i perspektivy"* [Proc. of the Int. Sci. Conf. "Economy, Finance, Management: Challenges and Prospects"]. Kharkov, 2012. pp. 28-30.
 8. Yakimets V.N. *Mezhsektornoye sotsialnoye partnerstvo: vozmozhnosti i ogranicheniya* [Trans-Sectors social partnership: opportunities and limits]. Moscow, Kennan Publ., 2001. 40 p.
 9. McNamara C. *Field Guide to Consulting and Organizational Development With Nonprofits: A Collaborative and Systems Approach to Performance, Change and Learning*. Minneapolis, Authenticity Consulting, LLC Publ., 2005. 517 p.

Стаття рекомендована до публікації д.е.н., проф. К. Ф. Ковальчуком (Україна), к.т.н., доц. Т. В. Полішко (Україна)

Надійшла до редколегії 19.12.2012

Прийнята до друку 25.02.2013

УДК 656.225.078:33.021.8

Л. В. МАРЦЕНЮК^{1*}

^{1*} Каф. «Облік, аудит та інтелектуальна власність», Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, 49010, м. Дніпропетровськ, Україна, тел. +38 (093) 934 18 03, ел. пошта rwinform1@rambler.ru

ОГЛЯД ДОСВІДУ РЕФОРМУВАННЯ ПРОВІДНИХ ЗАЛІЗНИЦЬ
СВІТУ

Мета. Оцінити можливість застосування досвіду зарубіжних країн при реформуванні залізничного транспорту України. **Методика.** На основі порівняльного аналізу оцінюється можливість застосування зарубіжного досвіду реформування галузей інфраструктури з розділенням кола проблем на питання ідеологічного, методичного характеру і, безумовно, врахування особливостей стану справ в Україні. Що стосується першого кола проблем, то це, перш за все, вибір форм власності. **Результати.** Як показує досвід, у обох видів власності є як позитивні, так і негативні сторони. З одного боку, саме на державних залізницях є умови для створення та впровадження нових технологій, таких як високошвидкісні поїзди, розробка яких, як і будівництво спеціалізованих ліній, були б неможливі без наявності відповідної науково-дослідної бази, а також без державного фінансування. З іншого, – приватні підприємства, що працюють на концесійній основі, як правило, надають послуги більш високого рівня за прийнятними тарифами. **Наукова новизна.** Встановлено відсутність безумовної прямої залежності між формою власності залізниць й економічними або якісними показниками їх роботи. Доведено необхідність здійснення різних форм технічних та економічних взаємозв'язків, існування відокремлених залізниць на регіональному та місцевому рівнях, що відкриває великі можливості в подоланні одноманітності в експлуатації, у розвитку залізниць по шляху більшої диференціації рівнів обслуговування. Це, однак не означає що єдиною альтернативою є продаж концесій приватним підприємствам, особливо, якщо передача власності не супроводжується зобов'язаннями щодо підтримки громадського транспорту на певному рівні. **Практична значимість.** Прикладам позитивного державного управління протиставлено рівнозначні приклади приватного управління і навпаки. Грунтовний аналіз досвіду реформування провідних залізниць світу дозволить запобігти помилок при реформуванні «Укрзалізниці».

Ключові слова: вантажні перевезення; інфраструктура; реформування; державне управління; форма власності

Вступ

Історія залізничного транспорту є прямим відображенням її економічної історії. Рідко, коли в ході реформування економіки уряди не робили експериментів із залізницями. Протягом останніх двох століть їх приватизували, націоналізували, здавали в оренду та у концесії. Але щоб не робили країни зі своїми залізницями, відповіді на питання – приватними або державними вони повинні бути – отримати не вдалося.

Вперше суперечки про власність на залізничному транспорті виникли на початку XX століття після бурхливого розвитку приватних залізниць у США. Ефективні механізми фінансування їх будівництва з залученням коштів приватного капіталу захопили в перше десятиліття століття весь світ: повторити досвід США намагалися країни Латинської Америки, Франція, Росія.

Ідеї здебільшого провалювалися, що ставало причиною грандіозних біржових скандалів, але

це не заважало черговому реформаторському уряду починати свою роботу з перетворень на залізниці. Наприклад, першою акцією уряду Беніто Муссоліні в Італії була загальнонаціональна кампанія по підтримці чистоти в поїздах загального користування (це одна з самих успішних акцій тоталітарного режиму). Найбільшою в Європі операцією із залізницями було видання у Франції в серпні 1937 року Декрету про націоналізацію залізниць і створення компанії SNCF, в якій держава контролювала 51 % акцій і мала право викупу інших 49 % до 1983 року. А найбільшим приватизаційним актом можна вважати продаж залізниць урядом Великобританії в 70-х [14].

Виклад основного матеріалу

Нинішня структура власності в залізничному господарстві країн світу дуже різноманітна. З цим зіткнулася в 1991 році комісія ЄС, коли спробувала реалізувати свою директиву № 91-440 про усунення монополізму в залізничному транспорті Європи. Зараз у Європі існують практично всі можливі схеми володіння залізничними активами. Рейки, депо, вагоноремонтні заводи, вокзали, вантажні станції і інша інфраструктура контролюються як держкомпаніями, так і безпосередньо державами через транспортні відомства (аналог російського МПС).

Що ж стосується продажу послуг та операторської діяльності, то варіантів три: або держмонополія на перевезення, або конкуренція приватних і державних компаній-операторів, або ринок, відданий на відкуп кільком конкуруючим держкомпаніям. Лише у Великобританії залізниці обслуговуються приватними компаніями.

У 1997 році французький учений Гі Гіон проаналізував ефективність перетворення SNCF в комерційну компанію RFF і прийшов до наступного висновку: прямої залежності якості роботи залізниць від форми власності не існує. А досвід Японії, де держкомпанії-оператори конкурують з приватними операторами на недержавних залізницях, показує, що робити які-небудь висновки про ефективність приватизації або націоналізації залізниць неможливо – все залежить від місцевих умов.

Зараз загальносвітова мережа магістральних залізниць по довжині ліній розподілена таким чином: країни зони вільної торгівлі NAFTA (США, Канада, Мексика) – 23 %, країни-члени ЄС – 15 %, країни зони економічного співробітництва Mercosur (Південна Америка) – 8 %, Індія й Китай – по 6 %, інші – 42 %. Загальні капітальні вкладення в розвиток залізничного транспорту оцінюються приблизно в 70 млрд дол. на рік, з яких 45 млрд припадає на інфраструктуру й 25 млрд – на рухомий склад.

За даними Всесвітнього банку, у вагонному парку залізниць усього світу налічується близько 3,8 млн вантажних вагонів. Частка країн Європи в загальносвітових капітальних вкладеннях до рухомого складу найбільша, а саме бли-

зько 60 %. За ними йдуть країни Азії й Тихоокеанського регіону – 20 %, Північної Америки – 18 % і Південної Америки – 2 %.

Залізничний транспорт у країнах Європи й Америки перебуває в стадії змін, які торкаються всіх сторін його діяльності – від управління інфраструктурою до організації перевезень. Реструктуруються залізничні компанії, змінюються взаємини між залізницями й користувачами їх послуг. Особливо яскраво це проявляється в секторі вантажних перевезень.

Лібералізація залізничних перевезень поклала кінець державній монополії й дозволила новим перевізникам одержати доступ до національної і європейської мереж залізниць. Результатом цих змін стало істотне збільшення числа компаній-операторів на залізницях.

На мережі залізниць **Німеччини** на сьогоднішній день обертаються близько 47 тисяч вантажних вагонів, що належать приватним компаніям. В основному, це вагони, що мають чітку спеціалізацію, призначені для перевезення специфічного виду вантажу. Деякі види перевезень, наприклад у цистернах, уже протягом декількох десятиліть виконуються тільки вагонами, що належать приватним фірмам. Тільки одній із приватних компаній належить 69 % парку цистерн. Ці приватні вагони передаються для виконання перевезень залізничним компаніям на основі договорів на доставку.

У тієї ж Німеччині, наприклад, поряд з відділенням вантажних перевезень DBAG – компанією Railion, на яку доводиться до 80 % внутрішнього ринку, існує порядку 280 інших компаній, які освоюють інші 20 % обсягу вантажних перевезень.

Нова виробнича концепція залізничної адміністрації Німеччини докорінно змінила політику відносно вагонів, що належать приватним фірмам. Відповідно до цієї політики, будь-які типи вагонів, у тому числі ті, які дотепер замовлялися тільки залізницею, можуть бути передані у власність приватним компаніям. Перевага в цьому випадку віддається вагонам, призначеним для обігу тільки в межах національної мережі залізниць. Використання одночасне вантажних вагонів залізниць і вагонів, що належать приватним компаніям, в інших зонах перевезень було б пов'язане з більшими експлуатаційними видатками через порожні пробіги.

ЕКОНОМІКА ТА УПРАВЛІННЯ

Крім того, передбачається всі спеціалізовані вагони, призначені для перевезення тільки одного виду вантажів, передати у власність приватним компаніям.

Для стимулювання клієнтів на залізницях Німеччини вводиться нова система компенсації, яка враховує індивідуальні умови. При існуючій системі, яка непогано зарекомендувала себе й буде діяти поряд з новою, власник вагона одержує певний відсоток перевізної плати.

Якщо вести мову про Словенію, то там реструктуризація залізниць й адаптація їх до ділової активності на ринковій основі почалися в 1995 р. Першим результатом цих заходів стало збільшення обсягів пасажирських і вантажних перевезень. В 2003 р. залізниці Словенії прийняли стратегічний план розвитку, що одержав назву New Way, і вже роком пізніше отримали позитивний комерційний результат.

Період з 2003 по 2004 р. характеризувався високими комерційними результатами й одержанням значного прибутку від вантажних перевезень. Завдяки зміні статусу компанії, модернізації рухомого складу й раціоналізації перевізного процесу залізниці Словенії створили всі умови для підвищення ділової активності на відкритому європейському ринку транспортних послуг.

З 1 липня 2004 р. залізниці Словенії перетворені в холдинг, у який увійшли три компанії: вантажна, пасажирська й інфраструктури. Крім того, у холдинг включено шість дочірніх компаній (центральні майстерні, будівельна компанія, залізничне підприємство мийки й прибирання вагонів, залізнична друкарня, транспортний інститут і оздоровчий центр для залізничників).

Розвиток перевезень відбувається в напрямку створення маршрутних поїздів для надання високоякісних конкурентоспроможних транспортних послуг. Мета в тому, щоб Любляна, як найвідоміший центр логістики в Центральній Європі, стала свого роду поворотним колом у розподілі транспортних потоків, а також пунктом відправлення маршрутів у Східну й Південну Європу, а також в Азію [14].

Якщо згадати **Узбекистан**, то оснащення сучасними технічними засобами, географічне розташування – фактори, що роблять узбецькі залізниці найважливішою ланкою в напрямку

Європа–Азія. Вони мають особливе значення в забезпеченні транспортних зв'язків Китаю, Японії із країнами СНД, Іраном, Туреччиною і Європою. Особливе місце належить Республіці Узбекистан та її сталевим магістралям у відродженні історичного Шовкового шляху або, як говорять залізничники, транспортного коридору ТРАСЕКА, що є найкоротшим і самим економічним маршрутом з Азії в Європу.

З метою подальшого розвитку й модернізації залізничної галузі республіки 18 березня 2009 року прийнято Постанову Президента Республіки Узбекистан № ПП-1074 «Комплексна програма розвитку й модернізації залізничної галузі на 2009-2013 роки», відповідно до якої передбачено: збільшення вантажо- і пасажирообороту відповідно на 35,1 і 23,6 відсотка; освоєння 1734,21 млн дол.; введення в експлуатацію двоколійної електрифікованої залізничної лінії Янгієр–Джиззак (127,4 км) і одноколійної електрифікованої лінії Янгієр–Фархад (23,1 км); електрифікація 358 км шляхів; придбання 38 локомотивів, 50 вантажних, 47 пасажирських вагонів, а також модернізація й оновлення 208 локомотивів, 6650 вантажних і 203 пасажирських вагонів і будівництво 2525 вантажних вагонів. Реалізація комплексної програми дозволить забезпечити повне задоволення потреб економіки й населення республіки в рухомому складі.

Відзначимо також **залізниці Китаю**, які зараз переживають період швидкого підйому, розширення мережі, поліпшення кількісних і якісних показників експлуатаційної діяльності, освоєння швидкісних пасажирських і великовагових вантажних перевезень. Розвиток залізниць здійснюється на основі довгострокових перспективних планів.

Залізниці Китаю виконують близько чверті загального наведеного вантажо- і пасажирообороту залізниць світу, хоча довжина мережі їх ліній становить лише 6 % світовий. Китай вийшов на перше місце у світі по пасажирообігу, вантажообігу й інтенсивності перевезень.

Залізнична галузь використовує потенційні можливості збільшення обсягів і поліпшення організації перевезень, підвищуючи пропускну здатність мережі за рахунок нових ліній, скориставшись перевагами магістральних залізниць після їхньої електрифікації, й раціонально ре-

ЕКОНОМІКА ТА УПРАВЛІННЯ

гулюючи маршрути руху поїздів. Усе це вплинуло на поліпшення транспортного обслуговування економіки й населення країни. Створено 240 стратегічних центрів навантаження вагонів і відкрито 300 напрямків руху маршрутних поїздів. Для підвищення ефективності вантажних перевезень введені в експлуатацію вагони нового типу 370.

Суттєво виріс обсяг капіталовкладень у придбання нового рухомого складу. При покупці рухомого складу перевага віддається моторвагонним потягам, що розвивають швидкість 200 км/год і більше, локомотивам великої потужності з тяговим приводом змінного струму, а також вантажним вагонам сучасних моделей вантажопідйомністю 70 т [16].

Російська Федерація здійснює більш як 20 % вантажообігу й 10 % пасажирообороту всіх залізниць світу. При цьому залізничний транспорт є провідним елементом транспортної системи, його частка в забезпеченні пасажирських і вантажних перевезень становить більше 40 % від усього транспорту країни.

До 2015 року планується оновити рухомий склад з виключенням парків із терміном служби, що закінчився. На основі оцінки перспектив розвитку російської економіки й з урахуванням розвитку інших видів транспорту спрогнозовано основні об'ємні показники роботи залізничного транспорту – навантаження вантажів, вантажообіг, пасажирооборот.

Реалізація Стратегії вимагає забезпечення залізничного транспорту промисловою продукцією, у першу чергу, рухомим складом. Основна проблема виражається у необхідності зниження вартості життєвого циклу продукції за рахунок збільшення надійності вузлів і вдосконалення конструкції вагонів. Заплановане оновлення вантажних вагонів: 2015 рік – 485,5 тис. вагонів, 2030 рік – 291,8. За період 2008-2030 роки – 21854 тис. вагонів. Навантаження вантажів в 2015 році заплановано на рівні 1758 тисяч вагонів, в 2030 році – 1970 тис. Вантажообіг планується в 2015 році – 2677 тис. вагонів, в 2030 році – 3050 тис.

Інвестиції в розвиток залізничного транспорту загального користування й промислового транспорту: в 2015 році – 4201 млрд рублів, в 2030 році – 5296,5, у тому числі за рахунок коштів приватних інвесторів – 4035,7. Для онов-

лення парку рухомого складу потрібно щорічно закуповувати близько 50 тис. вагонів.

У цей час послуги з надання вагонів під перевезення виконують більш як 2200 власників, у тому числі дочірні підприємства ВАТ «Російські залізниці». Після створення ВАТ «Друга вантажна компанія» з інвентарного парку, що залишився ВАТ «Російські залізниці», практично весь парк російських вантажних вагонів стане приватним. В «Російських залізницях» залишиться близько 30 тис. вагонів для власних господарських потреб. У зв'язку з цим ВАТ «Російські залізниці» веде активну роботу, спрямовану на формування набору технологічних інструментів, необхідних для здійснення управління рухом в умовах повністю приватного парку вантажних вагонів (їх близько 1 мільйона) [17].

Моделі реформування та управління залізничним транспортом, незважаючи на все їхнє різноманіття, можна розділити на два основних типи. Це, по-перше, **«американська модель»**, що припускає наявність декількох вертикально інтегрованих компаній, що оперують на своїх інфраструктурах, з виділенням пасажирських перевезень в окрему компанію. Дана модель функціонує в США, Канаді, Японії. Американські фахівці вважають недоцільним поділ єдиної залізниці на компанії з перевезень і управління інфраструктурою, виходячи з того, що взаємозв'язок експлуатації та інфраструктури винятково тісний. У країні йде процес укрупнення залізничних компаній в результаті злиття і поглинання дрібних компаній.

По-друге, **«європейська модель»**, що припускає відділення інфраструктури від операторів або перевізників. Європейську модель, у свою чергу, можна розділити на чотири різновиди, позначивши їх умовно, як французьку, шведську, німецьку та англійську.

У 1997 році у Франції прийнято закон, що стосується реформування французьких залізниць. Закон передбачає реалізацію двох основних елементів реформи: по-перше, новостворене відомство Réseau Ferre de France (RFF) стає власником залізничної мережі і несе відповідальність за її інфраструктуру, хоча функції управління залишаються у віданні державної залізничної компанії – Національного товариства залізниць Франції (SNCF); по-друге, відпо-

ЕКОНОМІКА ТА УПРАВЛІННЯ

відальність за регіональні пасажирські повідомлення в порядку експерименту передається на рівень місцевих властей шести провінцій з правом розпоряджатися наданими державою відповідними фінансовими ресурсами.

Реформа передбачає збереження цілісності державної компанії SNCF, її відповідальності за залізничні перевезення, керування рухом і поточне утримання інфраструктури мережі. SNCF виконує перевезення як єдиний користувач мережі RFF, здійснює технічне обслуговування транспортних засобів та пристроїв безпеки мережі. Таким чином, реформа зберігає традиційний образ національної залізничної системи Франції: статус SNCF як єдиного органу, що відповідає за експлуатацію транспортних сполучень та управління інфраструктурою; державний характер підприємств, що займаються експлуатацією і поточним утриманням мережі.

Національне товариство залізниць Франції (SNCF) займається тільки організаційною стороною вантажних і пасажирських перевезень і має платити RFF за користування інфраструктурою. У той же час частина цих коштів повертається SNCF, яке займається поточним утриманням мережі. Такий порядок зменшує ступінь поділу залізниці на інфраструктурну та експлуатаційну частини.

RFF здійснює вибір об'єктів інвестування та фінансування, оплачує послуги SNCF в частині управління інфраструктурою відповідно до умов угоди; визначає ступінь і форми відповідальності SNCF з управління інфраструктурою і розміри плати за користування інфраструктурою і займається зборами цих коштів. RFF несе відповідальність за модернізацію та розвиток інфраструктури національної залізничної мережі, є її власником; відповідає за пріоритетність інвестиційних проектів та їх фінансування.

Проблема, пов'язана з реалізацією у Франції даної моделі, полягає в тому, що SNCF залишається монополістом, а право допуску до мережі третіх сторін не передбачено. У цьому плані французька модель суперечить Директиві ЄС 91/440 і політиці Європейської Комісії з оздоровлення залізниць.

В рамках європейської моделі реформування, близькою до французької, та її різновидів звертає на себе увагу досвід Швеції, яка пер-

шою в Європі здійснила реформу залізниць. В основу реформи покладено поділ сфер інфраструктури та експлуатації. Державні залізниці Швеції (SJ) розділені на дві компанії. Одна з них відає питаннями розвитку та утримання інфраструктури (BV), інша (SJ) займається власне експлуатацією. Обидві компанії залишаються у державній власності, але працюють на комерційній основі.

BV несе відповідальність за управління інфраструктурою і поточне утримання її об'єктів, а також за реконструкцію та модернізацію мережі за рахунок державних дотацій. BV пропонує інфраструктуру в користування експлуатаційним підприємствам, у тому числі SJ, за певну плату.

Експлуатаційна компанія SJ формально не приватизована, але працює як самостійне підприємство з отриманням прибутку зі своєї діяльності. SJ має право встановлювати тарифи і визначати порядок використання ресурсів. SJ – монополіст на вантажні та пасажирські перевезення по основній мережі залізничних ліній, яка в 1978 р. була відокремлена від регіональної. Сторонні транспортні компанії можуть виконувати вантажні перевезення за фіксованими маршрутами і пасажирські – на регіональній мережі. Права експлуатації регіональних ліній належать організовані в 1978 р. адміністраціям пасажирських перевезень провінцій. Вони замовляють транспортне обслуговування SJ або залучають до місцевих і приміських перевезеннях інші компанії, причому в якості альтернативи залізничним повідомленням в разі доцільності можуть організовуватися автобусні. Таким чином, створюється конкуренція між транспортними підприємствами, які претендують на замовлення. Для фінансування транспортних витрат регіони отримують державну дотацію, яка раніше виділялася тільки SJ. Надалі витрати на утримання інфраструктури регіональних ліній будуть відшкодовуватися за рахунок плати за користування нею.

У результаті реформи фінансове становище залізниць Швеції значно покращилось. Експлуатаційні витрати і чисельність персоналу знижувалися щорічно. Значно підвищилася якість послуг, що надаються в пасажирських і вантажних перевезеннях, що дозволило SJ посилити

ЕКОНОМІКА ТА УПРАВЛІННЯ

свої позиції на транспортному ринку, особливо в далеких пасажирських повідомленнях.

Таким чином, шведська модель реформи залізниць ґрунтується на двох принципах: комерціалізації діяльності державних залізниць і можливості виходу на ринок транспортних послуг нових підприємств (тобто створення елементів конкуренції).

Німецький варіант європейської моделі йде істотно далі французького та шведського. До реформи був тривалий період зниження частки залізниць у вантажних і пасажирських перевезеннях внаслідок, перш за все, конкуренції з боку автомобільного транспорту. У ФРН ця частка у вантажних перевезеннях з 1950 по 1990 р. знизилася з 60 до 29 %, в пасажирських – з 36 до 6 %. Держава після другої світової війни орієнтувалася на пріоритетний розвиток автомобільного транспорту. Так, з 1960 по 1992 р. на модернізацію автомобільних доріг з бюджету було виділено 450 млрд марок, у той час як на розвиток залізниць – 56 млрд, тобто приблизно 12,5 % від інвестицій в автомобільний транспорт.

Реструктуризація залізниць розпочата у січні 1994 року. У 1949–1990 рр. було зроблено 16 спроб реформувати залізничний транспорт, які в результаті не дали позитивних результатів. Цього разу ухвалено рішення про утворення акціонерного товариства, орієнтованого на отримання прибутку і має можливість здійснювати підприємницьку діяльність.

До початку реформи відбулося об'єднання Державних залізниць ФРН (DB) і колишньої НДР (DR) і утворення Державних залізниць Німеччини (DBAG).

1 січня 1994 у Франкфурті-на-Майні було засновано акціонерне товариство «Залізниця Німеччини» (DBAG). Єдиним акціонером є держава.

Реформа спрямована на перетворення державних залізниць Німеччини (DB і DR) в ринково орієнтоване підприємство і передбачає наступні напрямки: поділ завдань, що залишаються у віданні держави, і підприємницьких завдань для забезпечення фінансової незалежності та посилення конкурентоспроможності; об'єднання майна DB і DR в особливу структуру «Майно федеральних залізниць» (BEV); відокремлення з майна державних залізниць

складової, використовуваної для підприємницької діяльності, і її передача у самостійну діяльність, діє на ринку акціонерному товариству DBAG, яке тим самим звільнено від рішень, що обмежують конкуренцію, а також від регулюючих заходів політичного характеру, які не відповідають ринковим умовам; виділення в складі DBAG як мінімум чотирьох самостійно діючих на транспортному ринку секторів з власними балансами; виділення DBAG в холдингову компанію шляхом перетворення окремих секторів в самостійні акціонерні товариства не раніше ніж через 3 роки і не пізніше ніж через 5 років з моменту створення DBAG; можлива ліквідація холдингової компанії і створення самостійних акціонерних товариств інфраструктури, приміських пасажирських перевезень, пасажирських перевезень дальнього сполучення і вантажних; відкриття доступу до користування залізничною мережею для третіх осіб; передача відповідальності за виконання пасажирських перевезень у приміських повідомленнях і відповідних витрат у відання земель, регіоналізація приміських сполучень; звільнення DBAG від старих боргових зобов'язань і передача цих зобов'язань BEV; прийняття федеральною владою додаткових зобов'язань перед DBAG через менш високої продуктивності праці колишніх DR; прийняття федеральною владою додаткових інвестиційних зобов'язань щодо модернізації колишніх DR.

У найбільш послідовному, «радикальному» варіанті, «європейська модель» реалізується в ході реформи залізниць у Великобританії. Серед заявлених цілей реформи залізничного транспорту у Великобританії – зняти надмірне фінансове навантаження на держбюджет. Незважаючи на істотне зниження субсидій в результаті проведення реформи, їх обсяг на десятиліття з 2006 по 2016 рр. запланований у розмірі 10 млрд. фунтів стерлінгів. Одночасно передбачено ліквідацію громіздкої структури управління галуззю.

Реформа здійснювалась за такими напрямками: відділення залізничної мережі від операцій шляхом створення компанії, яка б володіла всіма залізничними коліями і станціями, але не займалася їх експлуатацією; організація торгів за франшизу на пасажирські перевезення; продаж лізингових компаній – власників рухомого

ЕКОНОМІКА ТА УПРАВЛІННЯ

складу пасажирських перевезень; продаж підприємств, зайнятих вантажними перевезеннями; продаж інших компаній залізничної галузі.

Незважаючи на підвищення ефективності роботи галузі та збільшення обсягів перевезень, відзначається ряд негативних явищ. Перш за все, це тенденція до перетворення державної монополії в приватну. В ході процесу концентрації власності і капіталу відбувається укрупнення організаційних структур. По-друге, в результаті конкурентної боротьби контроль над вантажними і поштовими перевезеннями перейшов до іноземних (американських) компаній. По-третє, приватизація галузі та її реструктуризація не дозволили вирішити проблему інвестування у розвиток інфраструктури залізниць.

Для ефективного реформування залізничної галузі України необхідно вивчити світовий досвід реструктуризації залізничного транспорту, зокрема в сфері вантажних перевезень. Оскільки рухомий склад Укрзалізниці працює на території колишнього СРСР, а в Україні працюють вагони залізничних адміністрацій та приватних компаній-операторів вказаних країн, необхідно, в першу чергу, вивчити досвід організації вантажних перевезень на пострадянському просторі, ознайомитися з позитивними та негативними наслідками процесу реформування. Залізничний транспорт цих країн має багато спільного з «Укрзалізницею», оскільки був частиною загальної транспортної системи Міністерства шляхів сполучення СРСР, яка існувала до 1992 року. Детальні дослідження негативних наслідків структурної реформи дозволять уникнути небажаних помилок або послабити їх дію.

Як приклад було вивчено досвід залізничних адміністрацій трьох країн пострадянського простору: Росії, Казахстану та Естонії, які порізно підходили до процесу реформування галузі [7, 8, 1, 11].

Процес управління вантажними перевезеннями в умовах реформування залізничної галузі в країнах пострадянського простору досліджувався, в основному, в Росії і лише епізодично в Україні та Казахстані. Росія має багатий практичний досвід управління парками вантажних вагонів.

В березні 2011 року ВАТ «Російські залізниці» проводила аналіз діяльності вантажних перевезень після 9 років реформування [7]. Ряд завдань реформи не виконані, а реалізація деяких заходів призвела до негативних результатів:

На початок 2010 р. 66 % вантажних вагонів належать приватним компаніям-операторам, яких налічується 2 500, і з яких тільки 12 мають парк, що перевищує 5 тис. вагонів. Велика кількість дрібних компаній у галузі, відсутність єдиного скоординованого управління вагонним парком призвели до збільшення зустрічних потоків порожніх вагонів, скупчення «кинутих» вагонів на станціях, що заважає нормальній роботі залізниць. В результаті сьогодні більшим за чисельністю парком перевозиться менший обсяг вантажу, у порівнянні з ефективністю роботи залізничного транспорту наприкінці 1980-х років.

Виникли диспропорції в обслуговуванні клієнтів і розподілі прибутку від перевезень: приватні оператори, як правило, перевозять високорентабельні й дохідні вантажі, водночас як ВАТ «Російські залізниці» – публічний перевізник, змушений перевозити малоприбуткові вантажі, що знижує рентабельність національної залізничної компанії.

Аналізуючи досвід реформування вантажних перевезень в Росії, можна вказати на низку помилок, які призвели до негативного наслідку. Про це зазначив у доповіді у квітні 2010 року завідувач лабораторії аналізу й прогнозування транспортно-логістичних систем Інституту народногосподарського прогнозування РАН професор, доктор економічних наук Ю. А. Щербанін, який висловив свої зауваження з приводу проміжних результатів реформування залізничної галузі [12].

Утворені операторські компанії (зараз 2,5 тисячі власників вагонів і майже сотня операторських компаній) володіють величезним вагонним парком, але реальні показники їхньої роботи гірші, ніж у ВАТ «Російські залізниці»; за основним інтегральним показником – оборот вагона: у ВАТ «Російські залізниці» – 8,5 доби, у приватних компаній – 13. На перший погляд, у Росії виник ринок абсолютної чистої конкуренції (що дуже добре з погляду ринкових теорій), а показники роботи погір-

ЕКОНОМІКА ТА УПРАВЛІННЯ

шуються порівняно з часами «монстра МШС». Оператори продають послуги, але продукції не створюють.

Протягом десятилітнього досвіду реформ, немає доказів і ілюстрацій того, що новостворена залізнична конструкція економічно більш вдала, ніж МШС – монополіст.

Залізнична галузь «приречена» на централізоване управління вагонним парком. В епоху «монополії МШС» порожні вагони після вивантаження йшли відповідно до заздалегідь розроблених планів у місця навантаження, і відхилення від плану усувалися шляхом оперативного регулювання. Таким чином, скорочувалися мінімальний порожній пробіг і час обороту вагонів. В умовах приватизації вагонного парку основний фактор управління його роботою – регулювання переміщення порожніх вагонів між залізницями й подачі їх під навантаження – не діє.

З наведеного вище аналізу реформування вантажних перевезень в Росії можна зробити наступний висновок про те, що модель управління парком вантажних вагонів за допомогою вантажних компаній №1 та №2 слід визнати неефективною, оскільки втрачені головні досягнення Радянського Союзу стосовно централізованого регулювання процесом перевезень. Врешті-решт погіршилися показники роботи залізниць Росії: оборот вагону зріс майже на 70 відсотків; більшість компанії-операторів не дозволяють завантажувати свої вагони іншим вантажем і потребують термінового повернення рухомого складу; термінове повернення, в свою чергу, призвело до необхідності експлуатації на мережі залізниць більшої кількості вантажних вагонів; потрібно залучити додаткові інвестиції на закупівлю рухомого складу, реконструкцію та розвиток залізничних станцій та головних колій; значна кількість малих компаній-операторів втратила клієнтів на перевезення вантажів та збанкрутіла, а вантажні вагони, які не можна швидко реалізувати, були кинуті на станціях, що суттєво вплинуло на пропускну спроможність станцій.

Реформа залізниць Росії проводиться відповідно до Програми структурної реформи на залізничному транспорті, затвердженої постановою Уряду РФ від 18 травня 2001 р. № 384.
Необхідність реформування залізничного

транспорту була викликана рядом фактів [17]: постійно знижувалася ефективність залізничного транспорту; якість і асортименти послуг перестали задовольняти споживачів; високий ступінь зносу основних фондів (інфраструктури залізниць, локомотивів, пасажирських і вантажних вагонів) в умовах практично повної відсутності закупівель нової техніки в 90-х роках; Міністерство шляхів сполучення Росії було органом виконавчої влади, який за сумісництвом виконував функції державного регулювання й господарської діяльності; тарифна система була негнучкою й важкопрогнозованою, що знижувало конкурентоспроможність залізниць порівняно з іншими видами транспорту; використовувалося перекресне субсидування збиткових пасажирських перевезень прибутковими вантажними; кількість працівників на залізничному транспорті була значною, рівень оплати їхньої праці, мотивація була низькою, виникла загроза впливу кваліфікованих кадрів із залізниць.

Структурна реформа на залізничному транспорті мала своїми завданнями [17]: підвищення стійкості роботи залізничного транспорту, його доступності, безпеки та якості наданих ним послуг для забезпечення єдиного економічного простору країни й загальнонаціонального економічного розвитку; формування єдиної гармонічної транспортної системи країни; зниження сукупних народногосподарських витрат на перевезення вантажів залізничним транспортом; задоволення зростаючого попиту на послуги залізниць.

Реформу залізничного транспорту, відповідно до Програми, передбачалося провести трьома етапами: 1-й етап – 2001-2002 рр.; 2-й етап – 2003-2005 рр.; 3-й етап – 2006-2010 рр.

У рамках першого етапу структурної реформи проведені наступні заходи [17]:

- виконано інвентаризацію майна залізничного транспорту.
- з 2004 року застосовано роздільний облік і формування фінансової й бухгалтерської звітності ВАТ «Російські залізниці» за видами діяльності (окремо за вантажними перевезеннями, пасажирськими перевезеннями в дальньому та приміському сполу-

ЕКОНОМІКА ТА УПРАВЛІННЯ

ченні, з надання послуг інфраструктури, ремонту рухомого складу й ін.).

- у 2003 р. прийнятий новий преїскурант на перевезення вантажів і послуги інфраструктури, які надаються ВАТ «Російські залізниці».
- з 2001 р. на залізничному транспорті активно розвивається «операторська діяльність» у сфері надання вагонів для перевезення вантажів, із кожним роком частка вантажів, перевезених у приватних вагонах, збільшується.

На другому етапі структурної реформи:

- активно створюються дочірні й залежні товариства ВАТ «Російські залізниці» за різними видами діяльності залізничного транспорту (з організації перевезень вантажів у спеціалізованому рухомому складі; капітального ремонту й модернізації локомотивів, пасажирських та вантажних вагонів, колійної техніки; капітального будівництва; телекомунікацій та ін.);

На третьому етапі структурної реформи:

- у 2007 р. створюється ВАТ «Перша вантажна компанія» (дочірнє підприємство), на баланс якого передається значний парк спеціалізованих і універсальних вантажних вагонів; таким чином, з 2008 р. більше 60 % вантажних вагонів перебувають у власності компаній-операторів.
- у 2010 р. створена «Друга вантажна компанія», якій передана решта парку вантажних вагонів власності ВАТ «Російські залізниці» (за винятком вагонів, необхідних для власних технологічних потреб ВАТ «Російські залізниці»).
- відбувається реорганізація системи управління ВАТ «Російські залізниці», перехід від регіонального принципу управління до функціонального.

Результати виконання Програми структурної реформи на сьогоднішній момент [17]. Ряд завдань реформи не виконані, а реалізація деяких заходів призвела до негативних результатів:

На початок 2010 р. 66 % вантажних вагонів належать приватним компаніям-операторам, яких налічується 2 500, і з яких тільки 12 мають парк, що перевищує 5 тис. вагонів. Велика кількість дрібних компаній у галузі, відсутність

єдиного скоординованого управління вагонним парком призвели до збільшення зустрічних потоків порожніх вагонів, скупчення «кинутих» вагонів на станціях, що заважає нормальній роботі залізниць. В результаті сьогодні більшим за чисельністю парком перевозиться менший обсяг вантажу, у порівнянні з ефективністю роботи залізничного транспорту наприкінці 1980-х років.

Виникли диспропорції в обслуговуванні клієнтів і розподілі прибутку від перевезень: приватні оператори, як правило, перевозять високорентабельні й дохідні вантажі, водночас як ВАТ «Російські залізниці» – публічний перевізник, змушений перевозити малоприбуткові вантажі, що знижує рентабельність національної залізничної компанії.

Істотного залучення приватних інвестицій у розвиток інфраструктури залізничного транспорту не відбулося. У 2009 р. 81,2 % від загального розміру інвестиційної програми ВАТ «Російські залізниці» було профінансовано за рахунок коштів самого ВАТ «Російські залізниці».

Виникло істотне відставання розвитку нормативно-правової бази від розвитку самого залізничного транспорту.

Закінчення третього етапу структурної реформи

Відповідно до Програми структурної реформи, мета третього етапу – «створення розвинутого конкурентного ринку залізничних перевезень». Для цього Програмою передбачено: оцінка доцільності й засобів повного організаційного відділення інфраструктури від перевізної діяльності; розвиток приватної власності на магістральні локомотиви; оцінка можливості створення декількох конкуруючих між собою вертикально інтегрованих залізничних компаній.

На сьогоднішній день залізничний транспорт об'єктивно не готовий до настільки глобальних перетворень. Більше того, експертами доцільність даних заходів ставиться під сумнів. Рішення про проведення цих перетворень не прийняті.

Оцінка результатів реформування залізничного транспорту державними органами й окремими фахівцями Росії [19].

ЕКОНОМІКА ТА УПРАВЛІННЯ

У Раді Федерації відбулися парламентські слухання на тему: «Підсумки третього етапу реформування залізничного транспорту», на яких президент ВАТ «Російські залізниці» Володимир Якунін категорично заявив, що питання про доцільність відділення інфраструктури від вантажних перевезень мусить бути знято з порядку денного. І, як головний аргумент, він посилається на досвід реформування залізничного транспорту в інших країнах: «У США по одному напрямку іноді йдуть п'ять паралельних магістралей. А в нас існує одна ниточка, що називається «Транссиб». Тому створення конкуруючих на паралельних ходах вертикально-інтегрованих залізничних компаній неможливо». Він також назвав ряд причин, які не дозволяють реалізувати програму третього етапу реформи в тому вигляді, у якому це планувалося у 2003 році, а саме:

- 1) неможливість виділення послуг локомотивної тяги. На його думку, локомотивна тяга є технологічним елементом процесу перевезення й не може використовуватися як таксі;
- 2) недосконалість тарифної політики: немає методики розрахунку ефективності вкладення державних коштів у розвиток залізничного транспорту; не закріплено в нормативній практиці обов'язок держави компенсувати перевізникові доходи, що не отримані через державне регулювання тарифів;
- 3) ВАТ «Російські залізниці» пропонує прийняти «Цільову модель ринку вантажних залізничних перевезень», що була розроблена разом із консалтинговою компанією «McKinsey». За цією моделлю передбачалося створення «Другої вантажної компанії» на основі інвентарного парку вагонів ВАТ «Російські залізниці» із залученням рухомого складу інших операторів. Це дозволить сформувати рівні умови конкуренції. Модель припускає також появу локальних перевізників, які будуть конкурувати за маршрути.

За підсумками наради було доручено провести аналіз соціально-економічних результатів, досягнутих у ході структурної реформи. У принципі було визнано, що не вдалося завершити третій етап структурних реформ. Мінтранс має подати план заходів із завершення третього етапу реформування.

Реформа залізничного транспорту Республіки Казахстан. 8 квітня 2010 року Урядом Республіки Казахстан обговорювалося питання про результати реформування залізничного транспорту і про основні напрямки його розвитку до 2020 року [15].

Було відзначено, що за останні 10 років Урядом було прийнято дві програми реформування галузі. У цілому, проміжні результати структурно-інституціональної реформи галузі були позитивними.

У результаті реформ [1]: із складу Національної компанії «Казахстан теміржолі» (АТ НК «КТЖ») були виведені непрофільні види господарської діяльності й соціально-побутові активи; ремонтні компанії передані в конкурентний сектор; пасажирські перевезення відділені від вантажних; законодавчо визначена сфера природної монополії залізничного транспорту – послуги з надання магістральної інфраструктури; у бюджетний кодекс уведені норми, що передбачають державне фінансування залізничної інфраструктури; сформовано ринок оперування вагонами; впроваджений механізм фінансування й будівництва інфраструктурних об'єктів на концесійній основі.

Однак не всі заходи виконані в повному обсязі, й деякі цілі реформи поки не досягнуті. Діюча модель залізничного транспорту характеризується в такий спосіб: конкурентний ринок сформований тільки в сегменті оперування вагонами й пасажирськими перевезеннями (конкуренція за ринок); операційна модель сформована в результаті реструктуризації не за функціями, а за групами активів; основні сегменти – послуги інфраструктури й перевезення вантажів і пасажирів функціонують у монопольному режимі під твердим і неефективним державним регулюванням; тарифи на послуги залізничного транспорту на практиці є інструментом соціально-економічної політики.

У період з 1996 по 2008 рік середньорічний приріст тарифів склав усього 5 %. Через відставання зростання тарифів стосовно зростання цін в економіці галузь була не в змозі акумулювати інвестиції для відновлення основних засобів. У результаті зношування об'єктів залізничної інфраструктури на сьогодні становить 70 %, а рухомого складу 72 %.

ЕКОНОМІКА ТА УПРАВЛІННЯ

Порівнюючи залізничні тарифи Казахстану, Росії й Білорусі, видно, що середній рівень тарифів у Росії у 2,3 рази вище за середній рівень тарифів Казахстану, а в Білорусі – у 1,7 разу. Відставання темпів розвитку залізниці від сучасних потреб економіки й населення зумовлено такими проблемами [1]: збереження перехресного субсидування соціально значущих послуг за рахунок рентабельних; рівень тарифів не забезпечує покриття операційних та інвестиційних витрат; нерівні умови ціноутворення для АТ «НК «КТЖ» (АТ «Казтеміртранс») і приватних операторів вантажних вагонів; за допомогою діючої тарифної політики здійснюється субсидування окремих галузей економіки (гірничодобувної, будівельної й агропромислової).

У період до 2020 року середньорічна потреба в державних субсидіях становить 41,8 млрд. тенге. З урахуванням динаміки вибуття за терміном служби основних засобів для забезпечення прогнозних обсягів перевезень до 2020 року необхідно здійснити: модернізацію й оновлення 12 тис. км верхньої будови колії; реконструкцію 236 об'єктів штучних споруд; придбання 1,5 тисяч локомотивів, 53 тисяч вантажних і близько 2 тисяч пасажирських вагонів.

Для забезпечення розвитку галузі, підвищення ефективності та якості послуг, залучення інвестицій у відновлення активів розроблені основні напрямки розвитку залізничного транспорту Республіки Казахстан до 2020 року. Передбачено реорганізацію АТ «НК «КТЖ» у холдингову структуру з корпоративним центром і дочірніми компаніями з перевезення вантажів, пасажирів і послуг магістральної залізничної мережі.

Реформа державного регулювання буде здійснюватися поетапно. У 2010 році передбачається виведення вагонної складової тарифу за перевезення вантажів з-під державного тарифного регулювання, а з 2013 року – дерегулювання перевізної діяльності. При цьому планується забезпечення 72 % необхідних обсягів інвестицій за рахунок власних коштів АТ НК «КТЖ», 4 % – за рахунок коштів республіканського й місцевого бюджету і 24 % – за рахунок приватних інвестицій. Таким чином, впровадження цільової моделі галузі припускає ухвалення основних рішень на урядовому рівні й на

рівні АТ «НК «КТЖ». На рівні держави необхідно забезпечити [8]:

- встановлення рівня залізничних тарифів, необхідного для оновлення парку вагонів і локомотивів і реабілітації магістральної залізничної мережі;

- скасування тарифного регулювання АТ "НК "КТЖ" стосовно операторської і перевізної діяльності незалежно від частки, що займе Національна компанія на відкритому ринку.

У свою чергу, АТ «НК «КТЖ» має здійснити:

- відділення перевізної діяльності від інфраструктури й створення технологічного механізму недискримінаційного доступу до інфраструктури незалежних перевізників;

- реалізацію інвестиційної програми й проведення модернізації й відновлення основних засобів у повному обсязі;

- досягнення конкурентоспроможного рівня якості транспортних послуг.

Для підвищення конкурентоспроможності КТЖ і збільшення його частки на ринку перевезень необхідне збільшення кількісного складу й зміна структури вагонного парку за рахунок збільшення частки вагонів для перевезення високоприбуткових вантажів. Протягом 3–4 років необхідно закупити більше 12 тисяч вагонів для заміщення іноземних операторів у дохідних сегментах ринку. Це дозволить збалансувати на ринку частку високоприбуткових і соціально значущих послуг.

Крім того, для доведення рівня зношування активів до нормативного, якісної їхньої модернізації й забезпечення адекватної транспортної основи зростання економіки в період до 2020 року компанія планує інвестувати порядку 3 трильйонів тенге. У тому числі: 1 трильйон 294 мільярда – у відновлення парку вантажних вагонів і тягового рухомого складу; 1 трильйон 424 мільярда – у модернізацію об'єктів магістральної інфраструктури; 241 мільярд – у телекомунікаційну інфраструктуру.

З метою забезпечення інвестиційної потреби залізничної галузі необхідно: підвищення тарифу з 2011 по 2014 роки – на 15 % щорічно з подальшим коректуванням на рівні інфляції.

Реформування й структурні перетворення залізничного транспорту Естонії. Реформування й структурні перетворення залізнично-

ЕКОНОМІКА ТА УПРАВЛІННЯ

го транспорту Естонії розпочалися відразу після утворення в січні 1992 року державного підприємства «Естонська залізниця» й проходили за чотири етапи [11]:

I етап – з 1992 року по 1996 рік проходив не безболісно, але результативно. Цей період був періодом виживання й становлення самостійної Естонської залізниці. Обсяги перевезень різко впали, доходи зменшилися. Усі доходи від перевезень ішли на виплату зарплати працівникам, придбання палива для поїзної й маневрової роботи й на покриття витрат за деякими іншими найважливішими для залізниці позиціями.

У цих умовах керівництво залізниці за згодою Уряду в особі Міністерства транспорту й зв'язку Естонської Республіки почали процес відділення від Державного підприємства «Естонська залізниця» (далі – ДП «Естонська залізниця») неосновних видів діяльності з подальшою передачею органам місцевого самоврядування дитячих садків, житлового фонду, водопостачання; державним інституціям – технікуму, профтехучилищ, лікарні, поліклініки і архіву.

Була започаткована реорганізація [11]: колійного господарства (створене спільне із ДП «Естонська залізниця» підприємство EVR Koehne AS у 1996 році); дирекції пасажирських перевезень; підприємства «Катон» (вантажно-розвантажувальна дистанція); колійної машинної станції; будівельних організацій; підприємств відділу робочого постачання; відділу воєнізованої охорони. Також розпочате роздержавлення залізничних під'їзних колій. Одночасно ДП «Естонська залізниця» починає розвивати міжнародні зв'язки й діяльність, а також встановлювати й розвивати двосторонні зв'язки з іншими залізничними адміністраціями.

II етап структурних змін – з 1996 по 1999 рік [11] – здійснювався на основі Програми Уряду Естонської Республіки, затвердженої розпорядженням Уряду № 442-ДО 1997 року «Про реорганізацію й приватизацію ДП «Естонська залізниця».

Одним із перших найбільших залізничних підприємств було приватизовано Державне акціонерне товариство «Валгаськое рефрижераторне депо» (VKD).

З 1998 року починає свою діяльність АТ «Естонська залізниця». Закінчено процес приватизації малодіяльної залізничної ділянки Рийзипере-Хаапсалу (52,5 км) з попереднім припиненням на ній у 1995 році пасажирського руху.

У 1999 році був повністю завершений поділ вантажних і пасажирських перевезень. На цьому ж етапі тривала реорганізація колійного господарства. Утворене в 1996 році підприємство «EVR АО EVR Koehne» повністю перейшло приватній фірмі й почало здійснювати як ремонт, так і поточне утримання колії.

III етап структурних змін – з 1999 по 2006 рік [11] триває підготовка до приватизації АТ «Естонська залізниця» й діяльність приватизованої залізниці.

У 1999 році Парламент Естонської Республіки прийняв нове рішення про реорганізацію й приватизацію АТ «Естонська залізниця». Скандалний процес приватизації був закінчений у 2001 році – переможцем визнаний «AS BRS», що став власником 66 % акцій «Естонської залізниці», 34 % акцій належало державі.

Із січня 2001 року почав утворюватися ринок перевезень вантажів.

Позитивні наслідки реформи:

1. підвищення безпеки руху поїздів з урахуванням стандартів ЄС;
2. зміна культури виробництва й ставлення до цього питання;
3. гарантування безпеки перевезень небезпечних вантажів;
4. відновлення техніки й рухомого складу; впровадження нового типу локомотивів серії «3» із навантаженням на вісь 30 т.; здійснення поточного утримання колії колійним господарством стало, в основному, технікою на автозалізничному ходу (НР). Рятувальна техніка одержала серйозне відновлення.

5. постійний процес відновлення технології роботи залізниці з відповідними змінами структури.

До негативних наслідків реформи варто віднести:

- 1) перешкоджання процесу реформування галузі з боку Державних контрольних органів;
- 2) порушення цілісності колійного господарства (окремі підрозділи його були передані в інші підрозділи інфраструктури);

ЕКОНОМІКА ТА УПРАВЛІННЯ

3) структурні зміни і скорочення працівників, які необхідні для забезпечення ефективної роботи підприємства.;

4) відставання підготовчих процесів до проведення змін (технологія, навчання, зміни нормативних документів) від процесів реформування.

У цілому цей етап дав багато позитивного в зміні мислення працівників. Він підготував залізницю до гірших часів, коли відбувся різкий спад вантажної роботи.

IV етап структурних змін – 2006-2009 рік [11]. У 2006 році Уряд Естонської Республіки ухвалив рішення щодо викупу державою назад 66 % акцій АТ «Естонська залізниця», а з січня 2007 року держава стала єдиним його власником.

У 2009 році був утворений концерн АТ «Естонська залізниця» в складі трьох акціонерних товариств: АТ «Естонська залізниця» й дочірні фірми АО EVR Infra, АО EVR Cargo.

На цьому майже повністю виконані вимоги директиви ЄС про відділення інфраструктури від перевізної діяльності й задіяна європейська модель реформування залізниць. Для повного виконання вимог директив ЄС потрібно повністю відокремити вантажних перевізників від інфраструктури.

В Україні питанням управління парками вантажних вагонів займався небагато фахівців. Серед цих наукових праць слід виділити роботи Пашенка Ю. Є. [13], Ейтутіса Д. Г. [7], Бараша Ю. С. [2].

В роботі [2] автори вперше запропонували новий теоретико-методологічний підхід до управління парками вантажних вагонів. Було запропоновано нову класифікацію парків, виділено чотири державні залізничні оператори, які були названі управлінськими компаніями. Управлінські компанії виконували функції одночасно комерційного та вагонного Головного управління. Для реалізації запропонованих функцій управлінські компанії об'єднували основні засоби комерційного та вагонного господарства, а також вагоноремонтні депо та заводи. Концентрація в руках управлінської компанії навантажувально-розвантажувальних устроїв, пунктів для ремонту вагонів з відчепленням (експлуатаційних депо) та технічної бази для деповського та капітального ремонту вагонів

(КР-1), дозволить впливати на простой рухомого складу на технічних станціях, під вантажними операціями, і тим самим суттєво скоротить термін обороту вагонів.

В цих наукових працях автори не передбачали появу в «Укрзалізниці» транспортно-логістичного центру (УТЛЦ), але запропонована ними концепція управління рухомим складом інших компаній-операторів за допомогою управлінських компаній являється логічним доповненням до ТЛЦ за умови, що останній не буде виконувати комерційну роботу, а буде тільки управляти перевезеннями вантажів та порожніми вагонами з застосуванням принципів логістики.

На замовлення «Укрзалізниці» закордонна компанія АТКЕРНЕУ в липні 2010 року виконала науково-дослідну роботу «Розробка цільової моделі ринку залізничних послуг України». В цій роботі багато уваги приділяється управлінню парками вантажних вагонів та організації державних залізничних операторів.

В цій роботі «...реформа вантажних перевезень залізничним транспортом спрямована на вирішення ключових проблем, до яких віднесені: дефіцит активів залізничного транспорту в сфері здійснення вантажних перевезень, у першу чергу, рухомого складу, у тому числі, тягового. Дефіцит активів пов'язаний із недостатністю коштів для оновлення й розвитку наявних основних фондів. Поточні надходження від вантажних перевезень покривають близько 65 % від необхідних інвестицій у даний сегмент. Дефіцит активів залізничного транспорту приводить до неможливості забезпечення вивозу вантажів у повному обсязі, що негативно позначилося не тільки на фінансових результатах окремих компаній, але й на макроекономічних показниках України; перекидання економічних умов господарювання через наявність перекресного субсидування між видами діяльності «Укрзалізниці», у рамках якого прибуток від вантажних перевезень направляється на фінансування збитків від операційної діяльності інших видів перевезень, а не на фінансування розвитку вантажних перевезень.

Ефективність розглянутих моделей оцінюється на основі їхньої можливості досягнення ключових цілей реформування. Основними цілями реформи вантажних перевезень є: забез-

ЕКОНОМІКА ТА УПРАВЛІННЯ

печення вивозу продукції в повному обсязі, у тому числі за рахунок залучення капіталу; надання якісних послуг у вантажних перевезеннях для підвищення привабливості й конкурентоспроможності залізничного транспорту; мінімізація зростання транспортних витрат для відправників вантажу, в тому числі за рахунок підвищення операційної ефективності; забезпечення умов для безпечного й стійкого технологічного розвитку вантажних перевезень залізничним транспортом в Україні».

Далі автори пропонують: «...Для досягнення зазначених цілей цільова модель ринку вантажних перевезень повинна мати такі характеристики: збереження інтеграції управління інфраструктурою й локомотивами в умовах високої завантаженості інфраструктури. Крім того, планування послуг тяги нерозривно пов'язане з плануванням завантаження інфраструктури, оскільки вантажні перевезення здійснюються відповідно до плану формування, і суттєві їх зміни впливають на рух у цілому на мережі залізниць. Інтеграція управління інфраструктурою й тягою поїздів дозволяє зекономити до 7 % вартості тарифу; виділення інвентарного парку в ДЗП (Дочірні залежні підприємства) в найкоротший термін для рішення проблеми взаємодії на просторі 1520. В теперішній час у силу різних моделей ринку й тарифних систем, значна частина парку УЗ перебуває за кордоном, тим самим обмежуючи можливості «Укрзалізниці» по досягненню мети – забезпечення вивозу продукції в повному обсязі. У середньостроковій перспективі потрібен перегляд взаємодії залізниць на просторі 1520. Для рішення проблеми в найкоротший термін потрібна передача парку в дочірнє підприємство «Укрзалізниці». Оскільки створення нової юридичної особи потребує не менш 6 місяців, доцільна передача парку у вже існуюче ДЗП. У цьому зв'язку передача парку вагоноремонтному заводу обґрунтована; зберігається єдиний центр управління парком, тягою й інфраструктурою в рамках «Укрзалізниці». Така інтеграція відповідає світовим практикам, а також дозволить якнайкраще реалізувати цілі реформи в частині забезпечення безпечного й стійкого технологічного розвитку залізничного транспорту. Для цього доцільно створення єдиного центра координації перевезень у рамках

Укрзалізниці (єдиного транспортно-логістичного центра – ТЛЦ) із передачею в управління цього центра універсального парку дочірніх компаній УЗ; єдність плати за використання вагонів неінвентарного парку для всіх власників рухомого складу, парк яких передається в управління центра (по типах вагонів). Плата за вагон для відправників вантажу визначається ТЛЦ із урахуванням додаткових витрат на його функціонування й, у силу домінуючого положення ТЛЦ, може вимагати узгодження з регулятором. Механізм визначення плати підлягає закріпленню в нормативно-правових документах, що регулюють діяльність центра; відсутність допуску приватного капіталу в управління локомотивами на мережі залізниць; можливий допуск приватного капіталу на умовах володіння локомотивів (реалізація схеми лізингу). У середньостроковій перспективі можлива оцінка допуску приватних перевізників на окремих маршрутах, однак така модель вимагає детального пророблення на подальших етапах реформи з урахуванням потенційних ризиків; обмеження допуску приватного капіталу в управління універсальним парком вагонів. Обмеження може бути реалізоване через вимоги: допуску незалежних операторів універсальних вантажних вагонів тільки на умовах маршрутного відправлення для мінімізації навантаження на інфраструктуру залізниць; допуску до управління універсальним вантажним парком тільки операторів певного розміру для обмеження кількості операторів на мережі».

Крім того, автори науково-дослідної роботи констатують: «...можлива передача вагонів приватних компаній у керування єдиного центра в рамках «Укрзалізниці». Допуск приватного капіталу з обмеженнями дозволить реалізувати переваги залучення приватного капіталу у вигляді негайного оновлення парку, водночас обмеження кількості й масштабу гравців дозволить мінімізувати операційні ризики. Допуск приватного капіталу в керування спеціалізованим парком. Оскільки методи управління спеціалізованим парком принципово відрізняються від принципів управління універсальним парком, то допуск приватних операторів до управління спеціалізованим парком несе в собі мінімальні операційні й комерційні ризи-

ЕКОНОМІКА ТА УПРАВЛІННЯ

ки. У зв'язку із чим, наведені вище обмеження не поширюються на операторів спеціалізованих вантажних вагонів. Необхідними умовами для реалізації цільової моделі ринку є: законодавче закріплення й моніторинг реалізації обмежень керування універсальним рухомим складом для приватних операторів; індексація тарифу на рівень не нижче 27-28 % для реалізації необхідного обсягу інвестицій; ініціація перегляду умов діючих Міжнародних Угод на рівні країн простору 1520, що регулюють експлуатацію інвентарних вантажних вагонів; розробка тарифної політики й принципів визначення плати за використання інфраструктури й локомотивів УЗ під час перевезення у власному парку на умовах маршрутного відправлення».

Слід зазначити, що компанія АТКЕРНЕУ вже багато років працює на транспортному ринку і допомагає залізницям інших країн реформувати свою діяльність для виконання умов ЄС стосовно входження в єдиний транспортний простір Європи. Дискусійними, на наш погляд, слід вважати підтримку транспортно-логістичного центру України, який має такі функції, які регламентуються антимонопольним законодавством. Якщо транспортно-логістичний центр буде брати рухомий склад в оренду, то він мусить, за антимонопольним законодавством, бути поділений не менш, ніж на чотири частини, і, таким чином, втратить свій найбільший позитив – централізоване управління процесом вантажних перевезень.

Якщо коментувати факт створення транспортно-логістичного центру, виникає багато питань. З одного боку, слід відзначити необхідність створення такого підприємства, з іншого – навіщо центру займатися комерційною діяльністю, оскільки при реформуванні залізничної галузі ця діяльність мусить бути виділена в окремі юридичні особи згідно антимонопольного законодавства? На основі сказаного вище, можна констатувати: організація УТЛЦ в Україні необхідна для координації процесу перевезень вантажів у окремих вагонах, групі вагонів, окремих маршрутах, подачі вагонів після розвантаження під нову вантажну операцію та регулювання порожніх маршрутів з мінімальними витратами часу та коштів для вантажовідправника. Ця діяльність мусить знаходитися в

державній організації, яка після реформування повинна залишатися під повним контролем Уряду; комерційна діяльність, що пов'язана з орендою приватного рухомого складу, торгівлею та іншою статутною діяльністю УТЛЦ, яка не пов'язана з транспортно-логістичним процесом, мусить бути виділена, оскільки підлягає розподілу на кілька підприємств для утворення між ними конкуренції; дану організаційну структуру ТЛЦ можна вважати лише як перехідну на період проведення структурної реформи в залізничній галузі.

Проблема управління парками вантажних вагонів дуже актуальна, оскільки пов'язана з вантажними перевезеннями, які з усіх видів залізничної діяльності є дуже прибутковими. «Укрзалізниця» мусить вирішити проблему передачі вантажних перевезень у приватні руки з максимальною вигодою для себе. Потрібна така структура управління процесами перевезень, щоб після передачі частини інвентарного парку у іншу власність, «Укрзалізниця» не опинилася на межі банкрутства.

Це питання дебатуються у Інтернет-виданнях. Наприклад, Олександр Рязанов висловлює занепокоєння групи підприємців стосовно розподілу парків вантажних вагонів між дочірніми залежними підприємствами (ДЗП – російська аббревіатура), оскільки це привело до збільшення вартості перевезень.

На наш погляд, такі ДЗП в Україні необхідно організувати з метою підвищення ефективності вантажних перевезень, не допущення помилок, які були отримані в Росії та зменшення терміну обороту рухомого складу, що суттєво впливає на величину робочого парку вагонів та додатковий нераціональний розвиток потужностей залізничної галузі.

Висновки

Оцінюючи можливість застосування зарубіжного досвіду реформування галузей інфраструктури, слід розділити коло проблем на питання ідеологічного, методичного характеру і, нарешті, приймати до уваги особливості стану справ в Україні.

Що стосується першого кола проблем, то це, перш за все, вибір форм власності. Як показує досвід, у обох видів власності є як позитивні, так і негативні сторони. Складність полягає в

ЕКОНОМІКА ТА УПРАВЛІННЯ

тому, що методи порівняльних розрахунків недосконалі і не дозволяють достовірно порівняти роботу залізниць у різних країнах. Так, з одного боку, економічні результати роботи державних залізниць, за рідкісними винятками, гірше, ніж приватних компаній. Про це говорять, зокрема, хороші результати, досягнуті вантажними залізницями США, – їх частка в загальному обсязі перевезень вище, ніж автомобільного транспорту, чого не змогла добитися жодна європейська державна залізнична мережа. Разом з тим, державні залізниці європейських країн змушені виконувати значні обсяги менш вигідних пасажирських перевезень, від яких позбавлені приватні залізниці США.

З одного боку, саме на державних залізницях є умови для створення та впровадження нових технологій, таких як високошвидкісні поїзди, розробка яких, як і будівництво спеціалізованих ліній, були б неможливі без наявності відповідної науково-дослідної бази, а також без державного фінансування. З іншого, – приватні підприємства, що працюють на концесійній основі, як правило, надають послуги більш високого рівня за прийнятними тарифами.

Таким чином, прикладам позитивного державного управління можна протиставити рівнозначні приклади приватного управління і навпаки: можна зробити висновок про відсутність безумовної прямої залежності між формою власності залізниць і економічними або якісними показниками їх роботи.

Другий висновок, що випливає з аналізу зарубіжної практики функціонування та реформування залізниць, складається у здійсненності різних форм технічних і економічних взаємозв'язків, існування відокремлених залізниць на регіональному та місцевому рівнях. Це відкриває великі можливості в подоланні одноманітності в експлуатації, у розвитку залізниць по шляху більшої диференціації рівнів обслуговування. Це, однак не означає що єдиною альтернативою є продаж концесій приватним підприємствам, особливо, якщо передача власності не супроводжується зобов'язаннями щодо підтримки громадського транспорту на певному рівні.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- Атамкулов, Е. Д. Железнодорожный транспорт Казахстана: перевозочный процесс : монография : в 2 т. / Е. Д. Атамкулов, К. К. Жангаскин ; под общ. ред. Б. К. Алиярова. – Алматы : МТИА, 2004. – Т. 2. – 642 с.
- Бараш, Ю. С. Удосконалення механізму управління вантажними залізничними перевезеннями / Ю. С. Бараш, Л. В. Марценюк // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Д. : ДНУЗТ, 2011. – Вип. 40. – С. 211–215.
- Державна цільова програма реформування залізничного транспорту на 2010 – 2015 роки [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/1390-2009-п>. – Назва з екрану.
- Дикань, В. Л. Трансформація діяльності транспортно-логістичних центрів в умовах міжнародних транспортних коридорів та їх роль в інформаційному забезпеченні інтелектуалізації вітчизняного промислового комплексу / В. Л. Дикань // Вісн. економіки трансп. і пром-сті : зб. наук. пр. – Х. : УкрДАЗТ, 2010. – № 30. – С. 172–173.
- Про розвиток залізниць Співтовариства [Електронний ресурс] : директива Ради № 91/440/ЕС від 29 лип. 1991 року. – Режим доступу: http://ci.uz.gov.ua/org/ec/ec91_440e.html – Назва з екрану.
- Європейський досвід реформування залізничного транспорту [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.internationaltransportforum.org/jtrc/rail/index.html>. – Назва з екрану.
- Ейтутіс, Г. Д. Основні моделі управління залізницями / Г. Д. Ейтутіс // Залізничний трансп. України. – 2007. – № 6 (65). – С. 24–25.
- «Казахстан темиржолы» по итогам 2008 года ожидает увеличения грузооборота на 7 %, 2008. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.railways.kz/index.php?option=com_content&task=view&id=62&Itemid=20. – Загл. с экрана.
- Кіппа, Г. М. Інтеграція залізничного транспорту України у європейську транспортну систему : монографія / Г. М. Кіппа. – Д. : Вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2004. – 248 с.
- Макаренко, М. В. Системний підхід до реформування залізничного транспорту України / М. В. Макаренко, Ю. М. Цвєтов // Проблемы экономики и упр. на ж.-д. трансп. : материалы II Международной научн.-практической конф. – К. : КУЭТТ, 2007. – С. 5–18.
- О реформировании железнодорожного транспорта в государствах Содружества. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://rian.ru/politics/20011022/2820.html>. – Загл. с экрана.
- Петренко, Е. А. Реформирование железнодорожного транспорта Украины : состояние и перспективы

ЕКОНОМІКА ТА УПРАВЛІННЯ

- пективы / Е. А. Петренко // Вагонный парк. – 2010. – № 1. – С. 41–43.
13. Пашенко, Ю. Є. Досвід реформування залізничного транспорту в Німеччині / Ю. Є. Пашенко // Проблеми економіки транспорту : тези доп. 7-ої міжнар. наук. конф. (22-23 квітня 2010 р.). – Д., 2010. – С. 139.
 14. Проблемы грузовых перевозок на железных дорогах Европы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.css-mps.ru/zdm/08-2000/>. – Загл. с экрана.
 15. Программа реструктуризации железнодорожного транспорта Республики Казахстан / М-во трансп. и коммуникаций Респ. Казахстан. – Астана, 2004. – 26 с.
 16. Реформування залізниць Китаю [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.china-window.com/china_market/china_industry_reports/the-reform-of-chinas-rail.shtml. – Назва з екрану.
 17. Стратегия развития железнодорожного транспорта в Российской Федерации до 2030 года [Электронный ресурс]: распоряжение Правительства Российской Федерации от 17 июня 2008 г. № 877-р. – Режим доступа: <http://www.protown.ru/information/doc/4308.html>. – Загл. с экрана.
 18. Французькі залізниці: проблеми реформування. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.guardian.co.uk/world/2010/jun/23/france-general-strike-pension-reforms>. – Назва з екрану.
 19. Якунин, В. И. Доклад президента ОАО «РЖД» / В. И. Якунин // Железнодорожный транспорт. – 2010. – № 1. – С. 2–17.

Л. В. МАРЦЕНЮК^{1*}

^{1*} Каф. «Учет, аудит и интеллектуальная собственность», Днепрпетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, 49010, г. Днепрпетровск, Украина, тел. +38 (093) 934 18 03, эл. почта rwinform1@rambler.ru

ОБЗОР ОПЫТА РЕФОРМИРОВАНИЯ ВЕДУЩИХ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ МИРА

Цель. Оценить возможность применения опыта зарубежных стран при реформировании железнодорожного транспорта Украины. **Методика.** На основе сравнительного анализа оценивается возможность применения зарубежного опыта реформирования отраслей инфраструктуры с разделением круга проблем на вопросы идеологического, методического характера и, безусловно, учета особенностей состояния дел в Украине. Что касается первого круга проблем, то это, прежде всего, выбор форм собственности. **Результаты.** Как показывает опыт, у обоих видов собственности как положительные, так и отрицательные стороны. С одной стороны, именно на государственных железных дорогах есть условия для создания и внедрения новых технологий, таких как высокоскоростные поезда, разработка которых, как и строительство специализированных линий, были бы невозможны без наличия соответствующей научно-исследовательской базы, а также без государственного финансирования. С другой – частные предприятия, работающие на концессионной основе, как правило, предоставляют услуги более высокого уровня по приемлемым тарифам. **Научная новизна.** Установлено отсутствие безусловной прямой зависимости между формой собственности железных дорог и экономическими или качественными показателями их работы. Доказана необходимость осуществления различных форм технических и экономических взаимосвязей, существование обособленных железных дорог на региональном и местном уровнях, что открывает большие возможности в преодолении единообразия в эксплуатации, в развитии железных дорог по пути большей дифференциации уровней обслуживания. Это, однако, не означает, что единственной альтернативой является продажа концессий частным предприятиям, особенно, если передача собственности не сопровождается обязательствами по поддержанию общественного транспорта на определенном уровне. **Практическая значимость.** Примерам положительного государственного управления противопоставлены равнозначные примеры частного управления и, наоборот. обстоятельный анализ опыта реформирования ведущих железных дорог мира позволит предотвратить ошибки при реформировании «Укрзализныци».

Ключевые слова: грузовые перевозки; инфраструктура; реформирование, структура государственное управление; форма собственности

L. V. MARTSENYUK^{1*}^{1*} Department of Accounting, Audit, Intellectual property. The Dnepropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan, Lazaryan Str., 2, 49010, Dnepropetrovsk, Ukraine, tel. +38 (093) 934 18 03, e-mail rwinform1@rambler.ru

REVIEW OF EXPERIENCE OF MAJOR REFORM OF RAILWAYS OF THE WORLD

Purpose. To evaluate the possibility of the foreign countries experience in the reforming of railway transport of Ukraine. **Methodology.** On the basis of comparative analysis the suitability of foreign experience of infrastructure branches reformation, dividing the range of problems to the questions of ideological and methodological character, and of course, taking into account the peculiarities of the situation in Ukraine is estimated. As for the first range of problems, it is, first of all, the choice of the form of ownership. **Findings.** Experience shows that both types of property have not only the beneficial but also the negative impacts. On the one hand, it is the state railways have the conditions for development and implementation of the new technologies such as high-speed trains, construction of which, as well as construction of specialized lines would be impossible without appropriate research base, and without public funding. On the other – private companies, operating on a concession basis, usually provide a higher level of services at affordable rates. **Originality.** It can be concluded that there is no direct correlation between the ownership form of railroads and economic or qualitative characteristics of their work. The necessity of various forms of technical and economic relationships, the existence of separate railways at the regional and local levels, which offers a great opportunity to overcome the monotony of operation, in the development of railways towards greater differentiation of service levels is proved. This however does not mean that the only alternative is to sell concessions to private enterprises, especially if the transfer of ownership is not supplemented by commitments to support public transport at a certain level. **Practical value.** Examples of positive governance are opposed to the equal examples of private management and vice versa. Deep analysis of reforming experience of world leading railways will prevent from mistakes during "UZ" reforming.

Keywords: cargo transportation; infrastructure; reforming; government; form of property

REFERENCES

1. Atamkulov E.D. *Zheleznodorozhnyi transport Kazakhstana*. [Railways of Kazakhstan]. Almaty Publ, 2004. 642 p.
2. Barash Ju.S., Martseniuk L.V. *Udoskonalennia mekhanizmu upravlinnia vantazhnymy zaliznychnymy perevezenniamy* [Improving management mechanism freight rail transportation]. *Visnyk Dnipropetrovskoho natsionalnoho universitetu zaliznychnoho transportu imeni akademika V. Lazaryana* [Bulletin of Dnepropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan], 2011, issue 40, pp. 211-215
3. *Derzhavna tsilova programa reformuvannia zaliznychnoho transportu na 2010 – 2015 roky* (State program of reforming rail transport in 2010-2015 years) Available at: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/1390-2009-p> (accessed 4 February 2013).
4. Dikan V.L. *Transformatsiia diialnosti transportno-lohistychnykh tsentriv v umovakh mizhnarodnykh transportnykh korydoriv ta yikh rol v informatsiinomu zabezpechenni intelektualizatsii vitchyznianoho promysloвого kompleksu*. (Transformation of transport and logistics centers in international transport corridors and their role in information security intellectualization of domestic industrial complex). *Visnyk Ukrainiskoi derzhavnoi akademii zaliznychnoho transportu* [Bulletin of Ukrainian State Academy of Railway Transport], 2010, no. 30, pp. 172-173
5. *Pro rozvytok zaliznyts Spivtovarystva: dyrektyva Rady*. (On Development of Railway Community: Council Directive) Available at: http://ci.uz.gov.ua/org/ec/ec91_440e.html (accessed 5 February 2013).
6. *Yevropeiskyi dosvid reformuvannia zaliznychnoho transportu* (The European experience of railway reform). Available at: <http://www.internationaltransportforum.org/jtrc/rail/index.html> (accessed 5 February 2013).
7. Eitutis H.D. *Osnovni modeli upravlinnia zaliznytsiamy* [Key management models of railways]. *Zaliznychnyi transport Ukrainy - Railway Transport of Ukraine*, 2007, no. 6 (65), pp. 24-25

ЕКОНОМІКА ТА УПРАВЛІННЯ

8. «Kazakhstan temirzholy» po itogam 2008 goda ozhidaet uvelicheniya gruzooborota na 7 % («JSC “NC”KTZ») expects 7% increase of turnover in 2008) Available at: http://www.railways.kz/index.php?option=com_content&task=view&id=62&Itemid=20 (accessed 5 February 2013).
9. Kirpa G.M. *Intehratsiia zaliznychnoho transportu Ukrainy u yevropeisku transportnu systemu* [Integration of Railway Transport of Ukraine in the European transport system]. Dnipropetrovsk, Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan Publ., 2004, 248 p.
10. Makarenko M.V., Tsvetov Yu.M. Systemnyi pidkhid do reformuvannia zaliznychnoho transportu Ukrainy [Systematic approach to reforming the railway transport of Ukraine]. *Materialy II Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii "Problemy ekonomiki i upravleniya na zheleznodorozhnom transporte"* [Proc. of the 2nd Int. Scientific and Practical Conf.] Kiev, 2007, pp. 5-18.
11. *O reformirovanii zheleznodorozhnogo transporta v gosudarstvakh Sodruzhestva* [On Reforming the railways in the state of Commonwealth] Available at: <http://rian.ru/politics/20011022/2820.html> (accessed 5 February 2013).
12. Petrenko Ye.A. Reformirovaniye zheleznodorozhnogo transporta Ukrainy: sostoyaniye i perspektivy. [Reforming the railway transport of Ukraine: condition and prospects]. *Vagonnyy park - Wagon Park*, 2010, no.1, pp. 41-43
13. Pashchenko Yu.Ye. Dosvid reformuvannia zaliznychnoho transportu v Nimechchyni. (Experience of railway reform in Germany). *Tezy dop. 7-oi mizhnarodnoi naukovoï Konferentsii «Problemy ekonomiki transportu»* [Abstracts of Papers of the 7th Int. Scientific Conf. «Problems of Transport Economics»]. Dnipropetrovsk, 2010, 139 p.
14. *Problemy gruzovykh perevozok na zheleznykh dorogakh Yevropy* (Problems of railways freight traffic in Europe) Available at: <http://www.css-mps.ru/zdm/08-2000/> (accessed 5 February 2013).
15. *Programma restrukturizatsii zheleznodorozhnogo transporta Respubliki Kazakhstan* [Program of Railway Transport Restructuring of the Republic of Kazakhstan], Astana Publ., 2004, 26 p.
16. *Reformuvannia zaliznyts Kytaiu*. (Reforming of China's railways) Available at: http://www.china-window.com/china_market/china_industry_reports/the-reform-of-chinas-rail.shtml (accessed 5 February 2013).
17. *Strategiya razvitiya zheleznodorozhnogo transporta v Rossiyskoy Federatsii do 2030 goda: rasporyazhenie Pravitelstva Rossiyskoy Federatsii* (The strategy of development of railway transport in the Russian Federation up to 2030: The order of the Government of the Russian Federation) Available at: <http://www.protown.ru/information/doc/4308.html> (Accessed 5 February 2013).
18. *Frantsuzki zaliznytsi: problemy reformuvannia* (French railways: Problems of Reforming) Available at: <http://www.guardian.co.uk/world/2010/jun/23/france-general-strike-pension-reforms> (accessed 5 February 2013).
19. Yakunin V.Y. Doklad prezidenta OAO «Rzhd» [Report of the President of JSC «Russian Railways»]. *Zheleznodorozhnyy Transport. –Railway Transport*, 2010, no. 1, pp. 2-17.

Стаття рекомендована до публікації д.е.н., проф. Ю. С. Барашем (Україна); д.е.н., проф. Н. І. Верхоглядovou (Україна).

Надійшла до редколегії 24.12.2012

Прийнята до друку 21.02.2013

УДК 336.74:338(477)

А. Н. ПШИНЬКО¹, В. В. МЯМЛИН^{2*}, С. В. МЯМЛИН²¹ Каф. «Здания и строительные материалы», Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, Днепропетровск, Украина, 49010² Каф. «Вагоны и вагонное хозяйство», Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, Днепропетровск, Украина, 49010, тел./факс +38 (0562) 47 18 66, эл. почта minimax1992@gmail.comК ВОПРОСУ О НАУЧНОЙ ОБОСНОВАННОСТИ ПРОЦЕНТОВ
ПО ДЕПОЗИТАМ И КРЕДИТАМ

Цель. Проанализировать необходимость существования кредитов на современном этапе функционирования экономики в том виде, в котором они представлены на сегодняшний день. Разработать системный комплекс мероприятий для того, чтобы «экономико-финансовая» система в государстве смогла бы эффективно работать и не зависеть от экономических и финансовых катаклизмов, происходящих в мире. **Методика.** Разработана и апробирована имитационная компьютерная модель движения денег в государстве. **Результаты.** Произведён ретроспективный анализ теорий сущности кредита и ссудного процента. Рассмотрены некоторые аспекты получения процентов по депозитам и кредитам с точки зрения принципиально новой экономической модели хозяйствования, в основу которой положена «Теория высокоэффективной национальной экономики». С помощью имитационного моделирования показано негативное влияние банковского процента на общее развитие национальной экономики. Доказано, что основной причиной «финансово-экономических» кризисов является экономическая категория «прибыли». **Научная новизна.** Предложена радикально новая модель функционирования банковской системы государства, которая позволяет создать синергетический экономический эффект. **Практическая значимость.** Внедрение представленной модели обеспечит уже в первые годы рост ВВП в 2–2,5 раза. Экономический эффект от внедрения может составлять ≈1 трл. грн.

Ключевые слова: кредит; депозит; процент; финансово-экономический кризис; денежный заём

Введение

В настоящее время в условиях протекания жёсткого «финансово-экономического» кризиса остро стоит вопрос о поиске действительных причин, вызывающих кризис, и о создании новых моделей функционирования экономики, противостоящих этим причинам.

Причём для успешной реализации экономических реформ вначале необходимо провести радикальные финансовые преобразования, так как финансы находятся сейчас в тесной связке с реальным производством и товарооборотом и оказывают на них огромное негативное воздействие.

В связи с этим, хотелось бы коснуться основных принципов функционирования «финансово-кредитной» системы и дать научно обоснованную оценку её деятельности.

Постановка проблемы

Деньги всегда играли и продолжают играть в настоящее время большое значение в хозяй-

ственной жизни государства. От их достаточного количества зависит нормальная экономическая жизнь страны: возможность приобретать различные товары и услуги, уплачивать налоги, расширять производство, решать социальные вопросы и т.п. Кроме того, от правильного понимания сути денег и умелого обращения с деньгами зависит эффективность функционирования национальной экономики.

Для устранения негативных явлений, присущих современной экономической модели, необходимо решить целый ряд важных вопросов, среди которых наиболее острым является величина платы за предоставление финансов. Известно, что кредиты субъектам предпринимательской деятельности для ведения бизнеса, а также потребительские кредиты гражданам предоставляются банками на возвратной платной основе. Какая же существует связь между процентными ставками и величиной инфляции в государстве? Как проценты по кредитам тормозят развитие экономики?

Опираясь на основные принципы «Теории

ЕКОНОМІКА ТА УПРАВЛІННЯ

высокоэффективной национальной экономики» [14-16, 18-20], которые позволяют преобразовать экономику и вывести её на совершенно иной уровень развития, в данной работе была поставлена задача провести анализ «кредитно-финансовой» системы с целью её упорядочения и приведения в соответствие с естественными законами мироздания. Исходя из основополагающего принципа, что «прибыли» не должно быть даже в реальном производстве, где создаются конкретные материальные блага, то о какой же «прибыли» может идти речь в той сфере, где материальные блага не производятся вообще?

Таким образом, поставлена задача проанализировать, так ли необходимы кредиты на современном этапе в том виде, в котором они существуют на сегодняшний день, и что необходимо сделать для того, чтобы «экономико-финансовая» система в государстве смогла бы наконец эффективно работать и не зависеть от экономических и финансовых катаклизмов, происходящих в мире? Как добиться того, чтобы финансы служили в равной мере всему обществу, всему человечеству, а не только отдельным его представителям? Этим вопросам и посвящена данная публикация.

Основной материал

Деньги – это одно из величайших изобретений, направленных на благо человечества, не менее гениальное, чем изобретение письменности. Оба этих изобретения являются по сути дела средствами коммуникации между людьми. Если бы только небольшая часть людей владела письменностью, как бы это отразилось на общении между всеми членами общества? То же самое можно сказать и по отношению к деньгам.

Известно, что производство товаров появилось значительно раньше, чем появились деньги. Вначале были просто «товарообменные» (бартерные) отношения, а уже позже появились – «товарно-денежные». Но на определённом этапе, «товарно-денежные» отношения переросли в «денежно-товарные» (чтобы произвести товар или организовать какое-нибудь дело, сначала нужны деньги), и даже – в «денежно-денежные» (кредитно-банковская система).

Так что же такое кредит, депозит и как про-

цент влияет на функционирование экономики? Сам термин «кредит» происходит от латинских слов «credo», что означает «верю», и «creditum» – «доверие, ссуда, долг». Термин «депозит» также берёт своё начало от латинского термина «depositum», что значит «вещь, отданная на хранение». А термин «процент» происходит от итальянского термина «per cento», что обозначает «за сто, на сотню» – выражение коммерческого языка, затем латинизированное в «pro cento» («per centum»).

Финансовые займы берут своё начало ещё с древних времён. Процент, который получали ростовщики, был невероятно высоким. В Древней Греции процент доходил до 9000 % годовых [29]. Римляне брали с должника лихву (т. е. деньги сверх тех, которые давали в долг). При этом говорили: «На каждые 100 сестерциев долга заплатить 16 сестерциев лихвы». В средние века в Европе процент колебался от 60 % до 100%. Хотя и с моральной стороны это было негативным явлением, но в те времена кризисов не было и такая система кредитования не вызывала никаких вопросов. Деньги изготавливались из цветных и драгоценных металлов и уже сами по себе представляли какую-то ценность.

Спор между экономистами по поводу кредита берёт начало с XVIII века. Учение о сущности кредита теоретики разбивают на два направления. Исходя из того, какое значение придаётся кредиту в хозяйственной жизни, можно выделить следующие направления: натуралистическое (капитало-посредническое) и экспансионистское (капиталообразующее). Первое направление смотрит на капитал как на вещь, как на благо, используемое в производстве. Поэтому кредит рассматривается как передача капитала в пользование от одного лица к другому. Быть капиталом и являться объектом кредита, по мнению экономистов, придерживающихся этого направления, – это «природное» свойство вещи. Отсюда и вытекает название этого направления – «натуралистическое». С точки зрения этого направления, банки являются всего лишь посредниками.

Одним из первых, кто пытался выяснить сущность «процента» был английский экономист В. Петти [17]. В его понимании «процент» представлял собой особую форму денежной ренты – производную от земельной ренты.

ЕКОНОМІКА ТА УПРАВЛІННЯ

Также он приравнивал «процент» к стоимости арендной платы. В те времена плата за аренду являлась обычным делом и ни у кого не вызывала никаких сомнений.

Следующим, кто связывал «процент» с рентой был французский экономист А. Тюрго [25]. С его точки зрения, доход, с предоставленного в долг капитала, объяснялся тем, что кредитор имел возможность за свои деньги приобрести земельный участок и получать ренту за предоставление его в аренду. Кроме того, он считал, что «проценты» по кредиту должны быть более высокими по сравнению с рентой за аренду земли, так как эти две формы займа имеют разные риски – ведь земля никуда не денется, а свой капитал он может легко потерять. Тем не менее, научно обоснованную величину «процентов» он так и не дал.

Английский экономист А. Смит рассматривал «процент» как часть прибыли, образованной заёмным капиталом. Кроме того, он полагал, что это природная форма дохода [24].

Аналогичных с ним мыслей по поводу «процента» придерживался и другой английский экономист Д. Рикардо [22]. Оба этих экономиста разработали натуралистическую теорию, суть которой состояла в том, что в долг даётся не заёмный капитал, а – производительный. Они выступали против меркантилизма и основного его тезиса о том, что богатство нации – это золото и серебро, а её источник – это торговля. По поводу кредита они говорили, что кредит – это явление, которое возникает в сфере производства. Сам кредит (его внешней формой было движение денег) не способен создавать стоимость. Они рассматривали процент, как часть прибыли, которая образуется в процессе производства. Согласно [29] такое заключение на тот период считалось «научным» и поэтому оно заложило «обоснованный» фундамент для дальнейшего анализа кредита.

Следующей теорией кредита была капиталообразующая теория, суть которой состояла в том, что банки – не посредники в кредите, а организации, которые способны самостоятельно создавать капитал. А это означает, что кредит сам по себе может увеличивать богатство. Именно кредитная экспансия вызывает развитие производительных сил и без неё экономическое развитие не представляется возможным.

Автором этой теории принято считать шотландского экономиста Дж. Ло. В своей книге «Деньги и торговля, рассмотренные в связи предложением об обеспечении нации деньгами» он изложил своё видение реформы денежного обращения в стране [6]. Нехватка денег была в ту пору бичом экономики Шотландии. Она не позволяла развернуть предпринимательство, порождало безработицу и нищету. Государство было вынуждено облагать всех непомерными налогами, но денег всё равно не хватало. Дж. Ло создал акционерный банк, который, по сути дела, представлял финансовую пирамиду. Задача банка заключалась в обеспечении низкого процента по кредитам. Началось оживление хозяйственной деятельности, но оно продержалось недолго – система развалилась.

Что касается английского экономиста Дж. Милля, то он критически относился к капиталообразующей теории процента и активно выступал за государственное регулирование процентных ставок [12].

Представитель школы маржинализма В. С. Девонс связывал величину процентов с определённым периодом времени, поскольку от начала организации производства до получения конкретных результатов должно пройти некоторое время. Учитывая, что с увеличением производственного периода увеличивается и выпуск продукции, то процент, по его мнению, может быть вычислен как отношение прироста продукции к приросту свободного капитала.

Данная концепция получила дальнейшее развитие в работах австрийского экономиста Е. Бем-Баверка, который выделял три основные причины существования процента [3]:

- соотношение между желаниями человека и средствами их достижения, которое изменяется;
- субъективная недооценка будущих пожеланий и благ;
- преимущество опосредствованного производства материальных благ над прямыми. Согласно третьей причине капиталист для получения процента преднамеренно откладывает потребление на будущее и отложенные блага использует в опосредствованном методе производства, который, по его мнению, и есть настоящим источником процента. Для Е. Бем-Баверка процент являлся предпосылкой

ЕКОНОМІКА ТА УПРАВЛІННЯ

научного понимания всего капиталистического способа производства. Под опосредствованным процессом производства Бем-Баверк понимал начало изготовления средств производства, которые через какое-то время смогут быть использованы для производства товаров. Последняя причина получила наибольшее предпочтение в трудах западных учёных.

Австро-американский экономист Л. Мизес рассматривал процент как проявление процесса дисконтирования будущих благ по сравнению с текущими, т.е., согласно его точки зрения, будущее благо более дорогое, чем настоящее.

Ещё один австро-американский экономист Й. Шумпетер полагал, что сокращение цикла производства товаров осуществляется за счёт внедрения новых изобретений, а сам процент возникает в процессе ценообразования, т.е. в процессе обмена [28]. Эта точка зрения также популярна в среде экономистов, так как источник процента напрямую связывается с движением продуктивного капитала.

Существуют также монетарные концепции процента, объясняющие его ценой денежного капитала. К сторонникам этих концепций можно отнести шведских экономистов К. Викселя и Г. Кассиля [7]. Например, К. Виксель различал «природный» и банковский (денежный) проценты. По его мнению, «природный» процент равен норме производственной «прибыли», но без учёта банковского процента. Величина же банковского процента устанавливается самим банком. Разница между величинами этих процентов и определяет величину спроса на заёмный капитал. Главное условие для развития экономики он видел в снижении банковского процента.

Английский экономист Дж. Кейнс считал, что сущность ссудного процента заключается в том, что он есть платой хозяину денег за его отказ от ликвидности своего капитала. По его мнению, это явление чисто денежное, но оно играет важную роль в развитии общественного производства. Как фактору, который стимулирует инвестиции – ссудному проценту, Дж. Кейнс отводил второе место после расширения рынка средств производства [8].

Американский экономист И. Фишер проценты по кредитам связывал с возможным риском потери капитала в случае неудовлетвори-

тельного его вложения [27]. Объяснение того, что процент является платой за риск потери капитала, по нашему мнению, является совершенно необоснованным. Это не научное объяснение, а всего лишь «житейская мудрость». Люди зачастую рискуют не только потерей капитала, но и потерей жизни, например, переходя дорогу в неположенном месте, но им за это никто не платит.

Согласно К. Марксу, процент представляет собой часть дохода, которым заёмщик делится с кредитором за временное пользование его деньгами. Единственным источником процента он считал «прибавочную стоимость», создаваемую в сфере материального производства нанятыми работниками [11].

Все эти мнения базируются на «прибыльно-финансовой» экономической концепции и, естественно, ничего не говорят по поводу того, что проценты по кредитам сильно тормозят развитие экономики.

Необходимо подчеркнуть, что ещё Аристотель среди известных на тот период времени экономических теорий выделял два направления. Одно направление – это реальная «экономика», другое – «хрематистика». Термин «хрематистика» произошёл от греческого слова «chrema» – владение. Хрематистика рассматривает вопросы накопления богатства абсолютно любыми способами с внедрением в социум законов, оправдывающих эти способы. Сам же Аристотель считал это направление противоестественным, работающим против эффективного развития общества: «Ясно, что всякого рода богатство должно бы иметь свой предел, но в действительности, мы видим, происходит противоположное: все занимающиеся денежными оборотами стремятся увеличить количество денег до бесконечности. Поэтому с полным основанием вызывает ненависть ростовщичество, так как оно делает сами денежные знаки предметом собственности, которые, таким образом, утрачивают то своё назначение, ради которого они были созданы: ведь они возникли ради меновой торговли, взимание же процентов ведёт именно к росту денег. Этот род наживы, оказывается, по преимуществу, противным природе» [1].

Французский политик и экономист П. Ж. Прудон предлагал ввести «общественный

ЕКОНОМІКА ТА УПРАВЛІННЯ

и даровой кредит» и, таким образом, дать возможность всем людям пользоваться кредитом в равной мере. В опубликованном в 1846 году сочинении «Система экономических противоречий, или философия нищеты» он предлагал путь мирного переустройства общества посредством реформы кредита и обращения денег, а также резко отвергал коммунизм, хотя крупную частную собственность считал «кражей». Надо подчеркнуть, что П. Ж. Прудон абсолютно правильно указал, по какому принципу должна работать эффективная «кредитно-банковская» система в обществе, но не подвёл под это научную базу.

Следующим, кто рассматривал банковский кредит как главнейший фактор переустройства общества на социалистических началах, был Сен-Симон.

Современная литература даёт очень расплывчатое определение сути процента. Так, например, в словаре [21] говорится, что процент – это «кредитная плата, которую заёмщик обязан вносить за пользование предоставленными в кредит деньгами или материальными ценностями». В словаре [4] эта категория трактуется как «стоимость услуги, оказываемой кредитором заёмщику, которая состоит в предоставлении ему за плату определённой суммы денег на оговоренный срок». Из этих работ вытекает, что процент характеризуется не как экономическая категория, а просто как бухгалтерский термин, поскольку не указывается источник образования процента.

В банковской энциклопедии [2] сказано, что «суть процента, як економічної категорії полягає в тому, що він являє собою частину прибутку, котру позичальник сплачує за взятих у позику грошовий капітал, тобто процент – ірраціональна ціна позичкового капіталу. Джерелом процента є додаткова вартість, що створюється у процесі продуктивного використання позичкового капіталу». Таким образом, украинские учёные здесь полностью повторяют суть марксистского взгляда на эту категорию.

Все теории процента, по сути дела, рождены в рамках одной-единственной парадигмы, придерживающейся «прибыльно-финансовой» модели развития экономики. Для этой модели требуется и постоянное расширение производства, и расширение рынков сбыта продукции.

Данная модель функционировала, хотя и со «скрипом», более трёх столетий – до тех пор, пока не закончились рынки сбыта. Ведь, чтобы получить «прибыль», товар нужно произвести в одном месте по одной цене ($З$), а продать его – в другом, более платёжеспособном, по более высокой цене ($Ц$). Когда же всё население Планеты представляет условно в одном лице и производителя, и покупателя, то здесь возникает кризисная ситуация, которую мы все ощущаем в настоящее время. Людям платят зарплату $З$, а товар предлагают им же купить, но уже по цене $Ц$, причём $З < Ц$. Как же имея на руках только часть цены товаров, можно за неё приобрести все товары? Надо помнить, что деньги – это не только «эквивалент стоимости товара», деньги – это ещё и «эквивалент стоимости труда». Таким образом, «прибыльно-финансовая» модель постоянно подталкивает общество к получению недостающих сумм в виде кредитов под проценты. Это требует постоянной эмиссии денег, что вызывает перманентную инфляцию. В этом и заключается противоречие существующей «прибыльно-финансовой» модели хозяйствования.

Банки рассуждают следующим образом: если при помощи нашего кредита, предприятия зарабатывают «прибыль», то почему мы не можем получать часть этой «прибыли» в виде процентов за пользование кредитом, т. е. все должны получать «прибыль». Но если человеческие желания противоречат естественным законам Природы, то они неправильны и «работать» никогда не будут.

Либо продажа товара с «прибылью», либо выдача кредита под проценты – в обоих случаях нарушается «товарно-денежный» паритет, что приводит к негативным ситуациям, которые тормозят протекание экономических процессов.

Вместе с тем, имеются также работы учёных, в которых они негативно относятся к проценту по кредиту. Среди них следует отметить авторов следующих работ [9-10, 26].

В работе [5] предлагается метод ускорения оборачиваемости денег в стране.

Широко распространённое не только среди населения, но и в научных кругах, мнение, что деньги могут якобы самопроизвольно «расти», является ни чем иным, как обычным

ЕКОНОМІКА ТА УПРАВЛІННЯ

заблуждением, навешанным многочисленными экономическими и финансовыми опусами, а также мощной банковской рекламой, которые внедряют в сознание людей вредный тезис о том, что можно получать деньги и ничего при этом не делать.

Процент по кредитам, являясь политическим, социальным, моральным, религиозным аспектом, с этих точек зрения может истолковываться как угодно. Все объяснения процента носят субъективный характер и выражают разные человеческие чаяния, обусловленные несовершенной природой самого человека. Но с научной точки зрения, для возможности нормальной организации товарооборота и интенсивного развития экономики, это явление должно быть полностью ликвидировано. Желание иметь что-то лишнее – «есть», а реального механизма реализации этого желания – «нет», так как принятый способ организации «товарно-денежной» деятельности, позволяющий необоснованный рост чего-то одного (денег) в ущерб чего-то другого (товаров), противоречит законам Природы. Другой вопрос, что многие учёные-экономисты, наоборот, считают его совершенно справедливым и обоснованным, и всячески стараются подвести под это научную базу. Но то, что творится в настоящий момент с финансовой системой во всём мире, свидетельствует, как раз, о том, что никакой научной базы для объяснения явления уплаты процентов по кредитам не существует.

Деньги – это не «особый товар», тем более что это вообще не товар. Деньги – это не товар, даже потому, что на них всегда есть спрос. Когда выпущено много товара, спрос на него падает, по поводу же денег этого сказать никак нельзя. Деньги – это «условный эквивалент товара», обязательный к повсеместному приёму в качестве оплаты за него. Но если количество этого «условного эквивалента товара» начинает расти в геометрической прогрессии из-за ложной категории «прибыли», а количество выпускаемого товара, разумеется, так быстро расти не может из-за отличий в способах изготовления одного и другого, то цена товара начинает увеличиваться, т. е. мы имеем дело с обыкновенной инфляцией. Чтобы не провоцировать инфляцию – не надо искусственно раздувать денежную массу. А чтобы не раздувать денеж-

ную массу, надо раз и навсегда отказаться от процентов по кредитам. Тем более, что ссудный процент не только тормозит развитие экономики, но и даже разрушает её.

Те люди, у которых деньги есть, кладут их на депозит под проценты, а те у которых их нет – берут кредиты под проценты. Доходит до абсурда: кто в деньгах не нуждается – получает их дополнительно без всяких усилий, а кому они действительно необходимы – продолжает их ещё больше терять. Естественно, что синергетический эффект в экономике от такого перераспределения финансов в обществе не возникает. Дальше – больше. Принято считать, что проценты уплачивают только те, кто берёт кредиты. В «кривом зеркале» экономики формально это так. Но ведь на самом деле всё совершенно иначе. Каждое предприятие-заёмщик проценты по кредитам, естественно, относит на себестоимость продукции. По сути дела, в себестоимости каждого товара, который мы покупаем, присутствует и процентная составляющая кредита, которая увеличивает его стоимость. Предприятие просто свои расходы по процентам переносит на покупателей своей продукции. Таким образом, покупая за свои деньги товар, мы косвенно уплачиваем и проценты банкам, хотя сами никаких кредитов никогда не брали и брать не собираемся. Это касается мелких покупок. Но если речь идёт о крупных покупках, например, о недвижимости, то здесь ситуация ещё более коварная. Строительная организация, чтобы построить жилой дом, берёт в банке кредит, проценты по которому затем включает в себестоимость жилья, что и без того увеличивает его огромную стоимость. Покупатели жилья, также в виду отсутствия денег, тоже берут ссуду в банке под проценты для покупки этого же жилья. В результате, банк получает проценты одновременно с двух сторон. Это напоминает ситуацию, когда один и тот же известный банк одновременно финансировал обе воюющие между собой стороны. Сейчас в стране войны нет – мирное время, но суть аморального банковского процента осталась прежняя. Таким образом, если человек даже и не берёт кредит, то он всё равно косвенно платит по нему проценты.

Ещё Лев Толстой писал в своё время, что «деньги – это новая форма рабства, которая

ЕКОНОМІКА ТА УПРАВЛІННЯ

отличается от прежней лишь своей обезличенностью, поскольку между хозяином и рабом отсутствуют человеческие отношения».

Сейчас деньги оторвались от реальной экономики и живут самостоятельной жизнью. «Деньги делают деньги!», «Деньги работают на Вас!» – абсолютно бессмысленные антинаучные и лживые лозунги, которые постоянно подбрасываются людям финансовыми организациями, чтобы они размещали свои вклады на депозитах под проценты. Может быть, кредиторы так и думают, что «деньги работают на них». На самом деле работают не деньги. Больше всего приходится работать самому заёмщику, так как он рискует потерять залоговое имущество. Ему приходится работать и за себя, «и за того парня». И вот здесь как раз у многих заёмщиков и начинаются финансовые проблемы. Как он отдаст – долги ни кредиторов, ни банков это не волнует. Это волнует только самого заёмщика. Когда берётся солидный кредит под проценты, мало кто думает о том, что возратить его будет крайне сложно. Обычный заёмщик рассуждает так: «главное ввязаться в бой, а там видно будет». Если бы только заёмщики могли знать, что творится за кулисами сцены этого финансового театра абсурда...

После распада социалистической системы хозяйствования, в период приватизации государственной собственности, незаметно произошла и «приватизация» общественных денег. Если раньше деньги никому конкретно не принадлежали – они принадлежали всему обществу, то сейчас деньги обрели своих «хозяев» и постепенно перекочевали в коммерческие банки. Таким образом, коммерческие банки изъяли общественные деньги из общего обращения и теперь пытаются ещё и наживаться за их счёт при помощи кредитов под проценты, предоставляемых тому же обществу. Хотя деньги и до сих пор продолжают оставаться обезличенными, но их функциональная суть существенно изменилась. Если раньше они служили всему обществу, то сейчас «прислуживают» определённым финансовым структурам. Кроме того, коммерческие банки способствуют изъятию и остальных денег из оборота посредством ссудного процента и, таким образом, создают условия для искусственного дефицита денег, что

вынуждает предприятия снова и снова обращаться к банкам за новыми кредитами. Да и сама система ценообразования и налогообложения в государстве организована таким образом, что способствует созданию дефицита оборотных средств. Деньги из «блага» постепенно стали превращаться во «зло». По сути дела они стали «оружием массового разорения». Данная ситуация никак не способствует росту экономики, а, наоборот, создаёт условия для её торможения.

Ситуация с «приватизированными» деньгами напоминает сюжет романа А. Беляева «Продавец воздуха», когда некий отрицательный, но предприимчивый герой нашёл способ хищения воздуха с планеты и закачки его в подземные хранилища, а затем планировал наживаться за счёт продажи его людям за деньги. То есть, то, что принадлежало по праву всем, он решил использовать в своих корыстных целях.

Поэтому, что касается очень важного вопроса – отношения к частной собственности на деньги – то ответ однозначный – деньги должны принадлежать только государству, но никак не людям. Людям могут принадлежать только результаты труда: здания, сооружения, оборудование, машины, товары. А деньги нужны только как промежуточное звено для приобретения всего этого. Поэтому деньги надо быстро тратить, увеличивая тем самым скорость их обращения. Государство должно стать единственным заёмщиком финансов для своей национальной экономики. И не надо искать никаких зарубежных инвесторов. Зависимость от денег других государств говорит только о неспособности самим наладить работу национальной экономики. Таким образом, по нашему глубокому убеждению, в государстве должен быть только один-единственный централизованный источник денег – государственный. Здесь как раз тот случай, когда «яйца лучше держать в одной корзине». Но и задача государства должна сводиться не просто к сбору денег в казну в виде различных налогов и сборов. Задача государства заключается в том, чтобы при помощи правильно организованной схемы движения товаров и денег обеспечить безэмиссионное развитие экономики, т.е. создать необходимые условия для реального производства товаров и услуг в интересах всего общества.

ЕКОНОМІКА ТА УПРАВЛІННЯ

Все объяснения процента берут своё начало ещё с давних пор, когда деньги изготавливались из драгоценных металлов и имели свою внутреннюю стоимость. Монеты можно было переплавить и изготовить из них, например, ювелирные украшения. В настоящее же время, когда современные деньги (электронные или бумажные) «отвязаны» от золотого содержания и, таким образом, потеряли свою внутреннюю стоимость, назрел вопрос об изменении их статуса. Они должны быть переведены в разряд обычных «технических средств», способствующих только более удобному распределению всевозможных благ, созданных обществом для своих же потребностей.

В высокоэффективной экономике не должно быть никаких тормозящих процессов. А кредиты под проценты являются тем самым скрытым тормозом. Представьте себе автомобиль, на который, с одной стороны, устанавливают мощный мотор (дают кредит), а с другой стороны – снимают задние колёса (требуют платы за кредит). Сможет ли он эффективно функционировать?

Современные деньги – это совершенно не «ресурс». Их сделали «ресурсом» в интересах определённых групп. Современные деньги – это обычное «техническое средство», которое должно постоянно находиться в обращении, обеспечивая тем самым «перемещение» товаров и услуг от продавцов к покупателям. Людям же нужны не сами по себе деньги, а им нужны всевозможные товары и услуги, которые можно купить за них. Кому, например, нужны деньги на необитаемом острове, где нет никаких товаров? Людям, в первую очередь, нужна пища, одежда, жильё. А деньги нужны только, чтобы это всё можно было за них купить, так как они приняты «условным эквивалентом стоимости» товаров. Но если товаров реальных больше не становится, то зачем же тогда нужны «лишние» деньги? Надо всем хорошо понимать, что это не товары «дорожают», а деньги «дешевеют». Главная функция денег – участвовать в обращении товаров (услуг) и осуществлении платежей. Для выполнения функции накопления и сохранения должны быть использованы другие ресурсы [18].

Деньги и товары в экономике связаны между собой по принципу сообщающихся сосудов.

Если необоснованно «растёт» денежная масса, то начинает «расти и цена на товары». Деньги – это средство, а не – самоцель. Нам же сейчас вместо создания реальной экономики, способствующей производству товаров, предлагают виртуальную денежную «прибыль» в неограниченном количестве. Даже в казино при игре в рулетку деньги не растут сами по себе, они просто перераспределяются между игроками в зависимости от результатов сделанных ставок.

Люди, которые кладут деньги на депозит под проценты, должны чётко понимать, что в создании инфляционного процесса есть также и их доля вины. Тем более, что они сами затем же будут покупать товары по завышенным ценам. Поэтому, те «проценты», которые они получают по депозитам, уйдут в погашение разницы между новыми и старыми ценами на товары. По сути дела, люди сами «рубят сук, на котором сидят».

В своё время Украина слепо переняла принципы работы «прибыльно-финансовой» модели хозяйствования у западной либеральной экономики, совершенно не осознавая, что конец этой модели экономики уже давно был предопределён.

Создание искусственной ситуации в государстве, что вроде бы денег нет и их можно получить только в виде кредитов под соответствующие проценты, является преднамеренной фальсификацией и создаёт условия для необоснованного обогащения определённых групп людей в ущерб остальному обществу. Выдача кредитов под проценты приносит в целом стране не только вред. Деньги работать не могут, работать могут только люди. А то, что якобы банки привлекают для развития экономики свободные деньги граждан, так это всё можно решить другим путём, во много раз более эффективным. Денег в стране и так достаточно, просто они очень неэффективно используются. Чтобы они эффективно использовались в интересах всего общества, необходимо изменить «правила игры».

Существует такое узаконенное правило, что предоставление ссуды является услугой, а за услугу нужно платить (хотя есть сколько угодно случаев, когда люди одалживают друг другу деньги совершенно бесплатно: «Сегодня ты мне помог – завтра я тебе помогу»). Но, так как

ЕКОНОМІКА ТА УПРАВЛІННЯ

берут одну сумму, а возвращать надо другую (большую), то количество денег в обращении должно всё время увеличиваться. Поэтому постоянно осуществляется эмиссия денег, которая и приводит к инфляции. «Я тебе сегодня дал одну сумму денег, а ты мне верни завтра большую сумму денег (с процентами)». Что было бы, если бы так сегодня работал рынок с реальными товарами. Я тебе даю сегодня, например, сто литров бензина, а ты мне потом верни, например, сто двадцать литров. И так со всеми товарами. Это был бы полный абсурд. На рынке должен быть простой и удобный обмен товарами при помощи денег, а не взятие товаров в долг с дальнейшим их возвратом с «приростом». Но в «кредитно-банковской» сфере такая схема работы является почему-то «абсолютно нормальной»? Деньги ведь первоначально были изобретены для облегчения обмена товарами, но сейчас деньги оторвались от реальной экономики и «ушли в свободное плавание». Таким образом, современная банковская система является просто инструментом по одностороннему перераспределению денежных средств между различными слоями населения. Причём деньги всё время текут в одном направлении – от бедных к богатым. А перераспределение денежных средств подразумевает и дальнейшее перераспределение благ. Банки, в современном их виде, – это «финансовые мышеловки».

Для развития же экономики нужны, в первую очередь, инновационные идеи и труд её граждан. Человек не должен зависеть от того, что реализация его творческих идей или развитие его бизнеса могут остановиться только из-за того, что у него просто-напросто нет денег. Человек должен получать деньги за реальную пользу, которую он приносит обществу. Одна из задач государства должна состоять именно в том, чтобы дать ему возможность их заработать, т.е. создать для этого соответствующие условия. Между государством и бизнесом должно соблюдаться следующее условие: государство обеспечивает бизнесу беспроцентные займы, а бизнес платит государству налоги.

Должны быть вещи, которые не могут продаваться даже в условиях свободного рынка, например, деньги. Товары и услуги – пожалуйста, но деньги – нет. На то они и деньги, чтобы не продаваться. «Деньги – не продаются»:

именно такой лозунг и должен лечь в основу работы перестроившейся банковской системы. «Торговля деньгами за деньги» абсурдна уже сама по себе. Деньги не для того были изобретены, чтобы ими же ещё и торговали. Количество денег в государстве должно быть стабильно. А интенсивная работа экономики и рост ВВП должны осуществляться за счёт увеличения скорости обращения постоянной денежной массы. Проценты же по кредитам как раз и нарушают постоянство денежной массы. Надо чётко отличать принципы рынка от принципов мошенничества и не пытаться подводить под мошенничество научную базу.

Было бы логичнее, чтобы деньги выдавались бы в виде беспроцентных займов. Внедрение беспроцентных займов – это один из рычагов, который надо использовать для достижения высокого синергетического эффекта в экономике. Государство даже и не догадывается о том, какой оно получит колоссальный эффект от внедрения такой системы.

С другой стороны, возникает справедливый вопрос – а на что же будут существовать банки, если не будет процентов по кредитам? Естественно, что каждый труд должен оплачиваться и сотрудники банков должны получать вознаграждение за свой труд в соответствии с его качеством и количеством. Кроме того, остаётся ещё целый перечень банковских услуг, которые у них никто не забирает.

Раньше существовала такая, якобы научная, точка зрения, которой и сейчас придерживается большинство экономистов, о том, что «прибыль» зарождается непосредственно в производстве. А как там эту «прибыль» делят между собой капиталист и банкир – это уже дело десятое. Сторонником и активным приверженцем этой точки зрения был и К. Маркс. Но если бы «прибыль» зарождалась в производстве, то не надо было бы постоянно заниматься эмиссией денег. На самом деле никакая «прибыль» нигде не зарождается, потому, что её вообще не существует в Природе. Категория «прибыли» является виртуальной экономической категорией и существует только в умах людей благодаря мощной пропаганде и различным лжеэкономическим учениям. Путём надуманной схемы калькуляции отпускной цены товара создаётся иллюзия зарождения «прибыли», а «печатный

ЕКОНОМІКА ТА УПРАВЛІННЯ

станок» материализует эту иллюзию. Такой тандем «теории» и «практики» имитирует ложную картину существования «прибыли», а люди просто очень верят в неё и хотят, чтобы она была. Но нельзя желать того, что противостоит Природе. То же самое касается и других экономических иллюзий. Да, вроде бы, и очевидным является тот факт, что если посадить в землю одну картофелину, а выкапываешь, например, десять. Человеку кажется, что это и есть материальная «прибыль». Он не видит всю картину, происходящих в земле процессов. Таким образом, вопрос существования «прибыли» для большинства людей не подлежит никакому сомнению. А ведь новый картофель из чего-то же состоит. Те вещества, которые ранее были в земле, благодаря сложным биохимическим процессам, теперь перешли в картофель, а в земле их уже нет. Происходит круговорот вещества в природе. Общая масса Земли при этом не изменяется. Точно так же должно быть и в «экономико-финансовой» системе. Только система, организованная по естественным законам Природы, сможет нормально и эффективно функционировать.

Природа «прибыли» не создаёт, а создаёт – системный эффект. Природа, функционирующая по замкнутому циклу, таким образом komponует существующие атомы и молекулы веществ, что из них получают всё новые и новые образования, обладающие другими свойствами, отличными от составляющих их элементов. И при этом мы наблюдаем всё многообразие природного мира. Благодаря правильно организованной «работе», Природа и создаёт колоссальное богатство на Земле. Что стало бы с флорой и фауной, если бы, например, мухи (или микробы) начали бы беспрепятственно размножаться в геометрической прогрессии? По такому же точно принципу должна функционировать и экономика. При постоянном количестве денег объём созданных материальных благ должен непрерывно расти. То, что сейчас происходит с денежной массой – это противоречит всем законам Природы. И только недалёковидность человеческого ума могла привести к ситуации, когда при постоянном росте денежной массы, растут цены на товары, а денег всё время не хватает и не хватает. Денег в обращении может быть намного меньше тех

сумм, на которые производятся товары. Это связано с тем, что деньги, в отличие от товаров, могут участвовать в процессе купли-продажи многократно. У нас же в экономике сложилась такая ситуация, что денег при огромном их количестве всё равно всегда не хватает: из года в год существует дефицит бюджета, нет денег на выплаты зарплат и пенсий, нет денег на финансирование научно-технических и социальных программ и т.п. Что такое – не хватает денег? Как люди отреагировали бы на такое заявление, что в пустыни, например, не хватает песка, или на Северном полюсе, например, не хватает снега? Это вызвало бы просто недоумение. Но ведь то же самое говорят и о денежной массе в стране. При наличии огромного количества денег их почему-то всё время не хватает.

С повседневной точки зрения мы, например, говорим: «Уже взошло солнце, пора вставать», но ведь на самом деле не Солнце взошло, а просто Земля повернулась вокруг своей оси на столько-то градусов. То же самое касается и человеческого мышления по поводу роста цен. Когда в магазинах всё время меняются цены на товары, то люди думают, что товары дорожают (они это видят по ценникам), на самом же деле – это не товары дорожают, а деньги дешевеют. Товары как были одного и того же качества, так и остались. Просто денег стало больше, и они подешевели. Если чего-то становится много – оно дешевеет. Но, так как цены на товары выражаются в обесцененных деньгах, а на самих деньгах никакие новые отметки не появляются, то у людей и возникает иллюзия того, что это именно товар «подорожал», хотя на самом деле с ним ничего не произошло, и внутренняя суть его не изменилась. Это один из примеров «кривого зеркала» современной экономики. Масса груза ведь не меняется от того, что изготовили, например, слишком много гирь для его взвешивания.

«Прибыль» имеет финансовую основу и представляет собой разницу между тем, сколько было реально потрачено денег на выпуск товара (себестоимость – реальный эквивалент труда) и тем, сколько было получено денег от его реализации. Таким образом, она является лишней надстройкой над себестоимостью и создаёт дисбаланс между общей ценой товаров и количеством денег, направленных на покупку

ЕКОНОМІКА ТА УПРАВЛІННЯ

этих же товаров. Проценты по кредитам создают такой же дисбаланс между теми деньгами, которые были взяты в долг и теми деньгами, которые надо возвратить. В обоих случаях денег всё время не хватает.

Можно очень долго описывать разные мнения по поводу процентов (тысячи людей – тысячи мнений), но это равным счётом ничего не даст. Чтобы убедиться в правоте той или иной точки зрения, надо просто провести реальный натурный эксперимент в стране. Но, не дожидаясь натуральных экспериментов, авторами был проведен эксперимент при помощи имитационного моделирования на компьютерах «кредитно-финансовой» деятельности страны при разных условиях кредитования. Эксперимент полностью подтвердил правильность беспроцентных займов и указал на то, что существующая система «депозитов-кредитов», подразумевающая ссудный процент, является реальным тормозом экономики. Если в настоящее время вся денежная масса в Украине совершает около двух оборотов, то при иных условиях скорость её обращения возрастёт в разы. Убирая и остальные препоны, мешающие нормальному движению денег, можно систему обращения денег в государстве вообще превратить в «финансовый коллапс». Деньги должны постоянно «реинкарнировать» в новые товары, а не «застаиваться» на месте и не увеличиваться в размерах, как раковая опухоль на теле здорового организма. Реальный же «эксперимент» же с процентами по кредитам проводится уже давно и можно отметить, что на сегодняшний день он показал себя с самой негативной стороны, о чём свидетельствуют постоянные «финансово-экономические» кризисы. Но, тем не менее, никакие глубокие выводы до сих пор сделаны не были.

Одни люди берут кредиты потому, что им нужны деньги, а другие кладут деньги на депозит потому, что им деньги не нужны. В этой схеме не было бы ничего плохого, если бы она не требовала перманентного увеличения денежной массы в обороте. Вся абсурдность этой системы заключается в том, что, сколько раз не осуществляя эмиссию денег, их всё равно хватать не будет.

Невооружённым глазом видно, что есть громадный интерес в постоянном печатании денег со стороны определённых групп, что по-

зволяет им совершенно не напрягаясь получать неадекватные материальные блага. Современная финансовая система организована таким образом, что опирается на слабости человеческой природы, т. е. способствует развитию отрицательных качеств человека: жадности, стяжательству, сребролюбию, эгоизму, корыстолюбию и т. п. Либеральные принципы, навязываемые нам извне, не ведут к гармоничному развитию личности. Если мы хотим содействовать повышению качественного состояния нашего общества, гармоничному развитию наших граждан, то проценты по кредитам и депозитам должны быть отменены.

Для более высокой эффективности экономики необходимо избавляться от всякого рода паразитических способов извлечения доходов, одним из которых, в первую очередь, является получение ссудного процента. Этот процент является пережитком прошлого, а невозвраты кредитов и дальнейшие действия банков, связанные с изъятием залогового имущества, никак не способствуют становлению гуманных отношений и созданию высокодуховного климата в обществе.

Деньги – это результат условной договорённости между людьми, и они должны использоваться в интересах всего человечества в равной мере. Другое дело, что деньгами каждый человек должен пользоваться в таком количестве, в каком он может их заработать в результате своих трудовых усилий. Никто не имеет права узурпировать деньги и использовать их во вред обществу в качестве инструмента порабощения. Деньги должны получить новый статус – универсального удобного механизма, позволяющего людям беспрепятственно осуществлять между собой обмен различными результатами своего труда.

Деньги должны полностью принадлежать государству и постоянно выдаваться людям в виде зарплаты, в соответствии с трудовыми усилиями, по месту их работы, через систему оплаты труда на предприятиях только на небольшой период для быстрой реализации ими своих потребностей в материальных и духовных благах. Для возможности быстрого товарооборота должны использоваться «технические деньги», в виде беспроцентных займов. Для быстрого развития экономики и ликвида-

ЕКОНОМІКА ТА УПРАВЛІННЯ

ции негативных явлений, необходимо убрать все препоны на пути движения «финансового колеса».

Когда деньги аккумулируются, они не выполняют функций обращения и платежа. А эти функции денег являются приоритетными. С одной стороны, вроде бы банковская система как раз и способствует перераспределению свободных денег, что является, безусловно, положительным моментом, но, с другой стороны, получение процентов по кредитам вообще тормозит развитие экономики и косвенно способствует инфляции. Простое увеличение денег в стране никак не связано с ростом производства и с увеличением материальных благ, а увеличение оборачиваемости денег – связано. Рост денежной массы при сохранившемся уровне производства моментально вызывает рост цен.

Таким образом, современная «финансово-экономическая» модель хозяйствования не способна на сегодня активизировать весь финансовый потенциал. Хотя по тому количеству реальной денежной массы, которая в настоящее время находится на Украине, в условиях предлагаемой модели через 5-6 лет ежегодный ВВП может превысить более 10 трлн. грн.

В настоящее время проценты по кредитам достигают 25-28 % годовых, а по депозитам – 21-26 %. Величина процента зависит от ставки рефинансирования, по которой Национальный банк выдаёт кредиты коммерческим банкам. В табл. 1 приведена ставка рефинансирования начиная с 1992 года.

Таким образом, Национальный банк не просто предоставляет деньги коммерческим банкам для кредитования экономики и нормально-го функционирования «экономико-финансовой» системы в государстве, а он их даёт под проценты, способствуя уже на начальном этапе раскручиванию роста цен в государстве. За годы независимости Украины ставка рефинансирования изменялась уже 72 раза, что свидетельствует о нестабильности финансовой системы. Но раз имеется тенденция к снижению учётной ставки, почему же её сразу нельзя сделать равной 0 %?

Исходя из принципа отсутствия процентов по кредитам, следует и отсутствие процентов по депозитам. Таким образом, операции, связанные с депозитами, становятся просто бессмысленными. Кроме того, люди должны тра-

тить деньги, а не скапливать их на счетах. Но, для того, чтобы свободные деньги не «залежались», не изымались из обращения, а способствовали функционированию экономики, необходимо облагать их ежемесячным налогом. Избежать налога можно двумя способами: либо потратить их, либо приобрести государственные сертификаты. В случае надобности эти сертификаты могут быть снова обменены на деньги.

Известно, что для расчёта процентов по вкладам используется два финансовых механизма [13]:

- расчёт на основе простых процентов;
- расчёт на основе сложных процентов («проценты на проценты»).

Для расчёта наращенной суммы вклада при использовании обычных процентов применяется следующая формула:

$$D_k = D_n (1 + PT),$$

где D_k – конечная сумма вклада;

D_n – начальная сумма вклада;

P – годовая ставка процента;

T – продолжительность вклада в годах.

Расчёт сложных процентов по вкладу определяется следующим образом

$$\Delta_n = D_k^{n-1} (\sqrt[n]{1 + P} - 1),$$

где Δ_n – сумма процентов за текущий период;

D_k^{n-1} – сумма депозита на конец предыдущего периода;

n – количество периодов, за которые насчитываются проценты.

Из последней формулы видно, что проценты могут расти в геометрической прогрессии.

Чтобы можно было продавать товар не просто по себестоимости (в которой уже учтены все затраты), а с так называемой «прибылью» – необходимо эту «прибыль» постоянно «изготавливать» путём допечатки новых купюр. Деньги имеют искусственное происхождение и сами по себе «размножаться» никак не могут (хотя читая многие опусы по экономике и финансам можно сделать вывод, что именно всё так и происходит). Поэтому обязательно должен существовать источник их появления. И этим источником является «печатный станок». Распределение материальных благ осуществляется при помощи денег, но деньги должны доставаться тем, кто эти блага

ЕКОНОМІКА ТА УПРАВЛІННЯ

производит. Но некоторые люди решили, зачем чатать просто так.
получать деньги за работу, когда их можно пе-

Таблица 1

Ставка рефинансирования

№/№ п/п	Год	Дата изменения	Величина ставки	№/№ п/п	Год	Дата изменения	Величина ставки
1	1992	25.06.92	30,00 %	37	1998	18.03.98	41,00 %
2	1992	16.11.92	80,00 %	38	1998	21.05.98	45,00 %
3	1993	01.03.93	100,00 %	39	1998	29.05.98	51,00 %
4	1993	01.05.93	30,00 %	40	1998	07.07.98	82,00 %
5	1994	01.07.94	240,00 %	41	1998	21.12.98	60,00 %
6	1994	01.08.94	190,00 %	42	1999	05.04.99	57,00 %
7	1994	15.08.94	140,00 %	43	1999	28.04.99	50,00 %
8	1994	25.10.94	300,00 %	44	1999	24.05.99	45,00 %
9	1994	12.12.94	252,00 %	45	2000	01.02.00	35,00 %
10	1995	10.03.95	204,00 %	46	2000	24.03.00	32,00 %
11	1995	29.03.95	170,00 %	47	2000	10.04.00	29,00 %
12	1995	07.04.95	150,00 %	48	2000	15.08.00	27,00 %
13	1995	01.05.95	96,00 %	49	2001	10.03.01	25,00 %
14	1995	07.06.95	75,00 %	50	2001	07.04.01	21,00 %
15	1995	15.07.95	60,00 %	51	2001	11.06.01	19,00 %
16	1995	21.08.95	70,00 %	52	2001	09.08.01	17,00 %
17	1995	10.10.95	95,00 %	53	2001	10.09.01	15,00 %
18	1995	01.12.95	110,00 %	54	2001	10.12.01	12,50 %
19	1996	01.01.96	105,00 %	55	2002	11.03.02	11,50 %
20	1996	04.03.96	98,00 %	56	2002	04.04.02	10,00 %
21	1996	26.03.96	90,00 %	57	2002	05.07.02	8,00 %
22	1996	01.04.96	85,00 %	58	2002	05.12.02	7,00 %
23	1996	08.04.96	75,00 %	59	2004	09.06.04	7,50 %
24	1996	25.04.96	70,00 %	60	2004	07.10.04	8,00 %
25	1996	22.05.96	63,00 %	61	2004	09.11.04	9,00 %
26	1996	07.06.96	50,00 %	62	2005	10.08.05	9,50 %
27	1996	02.07.96	40,00 %	63	2006	10.06.06	8,50 %
28	1997	10.01.97	35,00 %	64	2007	01.06.07	8,00 %
29	1997	08.03.97	25,00 %	65	2008	01.01.08	10,00 %
30	1997	26.05.97	21,00 %	66	2008	30.04.08	12,00 %
31	1997	08.07.97	18,00 %	67	2009	15.06.09	11,00 %
32	1997	05.08.97	16,00 %	68	2009	12.08.09	10,25 %
33	1997	01.11.97	17,00 %	69	2010	08.06.10	9,50 %
34	1997	14.11.97	25,00 %	70	2010	07.07.10	8,50 %
35	1997	24.11.97	35,00 %	71	2010	10.08.10	7,75 %
36	1998	06.02.98	44,00 %	72	2012	23.03.12	7,50 %

Нельзя пройти и мимо международной банковской системы. Здесь дела творятся ещё хитрее. Ярким примером является Федеральная резервная система (ФРС), которая была создана как независимый финансовый орган с целью «выполнения функций центрального банка и осуществления централизованного контроля над коммерческой банковской системой США» [23]. Но факты говорят о следующем. В 1929 году в

США ничто не предвещало никакой депрессии. Фермеры собрали хороший урожай, зернохранилища были полностью заполнены, уровень безработицы был низким, промышленные предприятия работали в обычном режиме, на складах было достаточно всевозможных товаров для населения. Дела шли хорошо, экономика была здоровой, всего хватало, за исключением... денег! Внезапно из обращения, словно как по

ЕКОНОМІКА ТА УПРАВЛІННЯ

команде, были изъяты миллиарды долларов. А всех заёмщиков банки попросили срочно вернуть кредиты. Всё сразу рухнуло. Без наличия финансов, являющихся связывающим звеном на пути движения товаров и услуг, невозможно стало ни покупать, ни инвестировать. В один момент разорились десятки тысяч предприятий, скоропортящиеся товары гнили на складах, образовалась целая армия безработных, накладывался арест на залоговое имущество, которое являлось гарантией возврата кредита, тысячи людей кончали жизнь самоубийством и т.п. Было бы логично, что при плохой экономике было бы одинаково плохо всем. Но факт остаётся фактом, что в период кризисов финансовая система ничего не теряет, а выигрывает даже больше того, чем в период процветания (хотя мелкие банки могут и разориться). Когда кредиты стали снова выдаваться и экономика оживилась, залоговое имущество было продано по более высокой цене.

После событий 1929 года, ФРС, как не справившаяся с кризисом, должна бы быть ликвидирована, и управление финансами страны должно было бы вернуться к Конгрессу США, но этого не произошло – ФРС не захотела выпускать из своих рук финансовую власть и «печатный станок». Но это ещё полбеды – пусть они там у себя в США сами разбираются со своей финансовой системой. Беда в том, что ФРС свои щупальца запустила и в другие страны, в которых при помощи агентов влияния насаждается культ «зелёной бумаги», принадлежащей частным банкам и не имеющей соответствующего обеспечения. Не обошло это и Украину. Если все страны мира захотят одновременно в Америке что-нибудь купить, то там произойдёт «финансовый потоп», который вызовет подъём цен на небывалую высоту. Власть международной финансовой системы крепла по мере того, как другие суверенные государства теряли контроль над своей национальной финансовой системой.

Деньги стали использоваться не только по их прямому назначению, как универсальный эквивалент при всеобщем обмене всего на всё, но и стали массово изготавливаться как самостоятельный «продукт», который является ещё и платёжным средством. Вся хитрость в том, что затраты по изготовлению реального товара

и «финансового продукта» даже несоизмеримы в цене. Согласно [29] для изготовления тысячи банкнот номинальной стоимостью по сто долларов каждая ФРС затрачивает всего лишь 60 долларов. Таким образом, необходимо потратить один доллар, чтобы получить $100\,000/60 = 1\,666$ долларов дохода. Учитывая, что потраченные 60 долларов тоже были получены из такого же соотношения, а ещё предыдущие банкноты также изготавливались по такой же схеме, то можно только догадываться о том, какой это «привлекательный и высокодоходный бизнес»...

В большинстве стран эмиссией денег занимается государство. За изготовление и сбыт фальшивых денег следует уголовное наказание. В США же существует Федеральная резервная система – частная организация обычных «фальшивомонетчиков», которая вопреки конституции США и при полном попустительстве американского правительства печатает частные деньги. На «американских» долларах сейчас стоит надпись – «Банкнота Федерального Резерва». Всё регулирование денежной массы сводится к одному: внушать всем странам мысль о важности международного кредитования. А по сути дела вся деятельность этой организации представляет собой очень тонкую игру по перераспределению мировых благ: кто-то производит блага, а кто-то «производит» деньги, и с их помощью просто тихо прибирает блага к своим рукам. Одни люди в поте лица трудятся над созданием материальных благ, а другие – просто печатают деньги. Чтобы изготовить, например, не один холодильник, а – сто, надо потратить в сто раз больше материалов и труда. А чтобы изготовить денег в сто раз больше надо просто два нолика добавить на купюре или в компьютере. Таким образом, мы имеем дело с тщательно отлаженной финансовой системой, которая работает только в интересах определённых групп. По сути дела в мире существует «финансовое лобби», которое тормозит естественное развитие экономики. Регулируя международные финансовые потоки можно легко позволять развиваться одним странам и запрещать это делать другим. Одним странам предоставляются кредиты, чтобы они производили товары, а другим – чтобы покупали их. В обоих случаях кредитор остаётся

ЕКОНОМІКА ТА УПРАВЛІННЯ

ся в выигрыше. Система работает по принципу: «тезис» + «антитезис» = «синтез». Таким образом, в мире создана сложная иерархическая структура с несколькими международными банками донорами и с центральными банками в государствах.

Здесь нет никакой науки, здесь есть обычное финансовое мошенничество, хотя и очень умело замаскированное. Одни люди производят различные блага, а другие «производят» деньги и на них покупают эти самые блага. Таким образом, полезным трудом занимаются не все. И распределение благ в мире производится совсем не по труду. Чтобы Украине, например, купить что-нибудь на «мировом рынке» ей надо что-то произвести и продать его для получения валюты, а чтобы купить что-нибудь ФРС – ей надо её просто напечатать. Поэтому владельцы ФРС уже давно являются «триллионерами» (непривычный пока для нас термин), хотя и не афишируют этого. Чтобы стать хозяевами Планеты работать совсем и не обязательно. На вопрос, почему одни люди создают материальные блага, а другие – только их потребляют, дают ответы уже другие науки, например, этика, психиатрия, социология. Но как бы люди работали ещё продуктивнее, если бы все эти богатства распределялись бы только между ними?

ФРС придумала себе «волшебный финансовый горшочек» и до сих пор продолжает эксплуатировать его на «полную катушку». Причём этой «финансовой кашей» продолжают «кормить» весь мир, требуя ещё возврата её назад с процентами. Возникает логичный вопрос: «почему каждое правительство не может у себя в стране организовать замкнутый финансовый цикл и не зависеть от иностранных кредиторов?

Почему «мировой элите» надо, чтобы люди всё время накапливали деньги, брали кредиты, жили в долг? Да потому, что она «сидит», на придуманном ею же, «неиссякаемом источнике» финансов, реализованном в виде ФРС. «Источник» востребован до тех пор, пока во всём мире существует потребность в дополнительных деньгах. А современная финансовая модель создавалась как раз именно с такой целью и в таком виде, чтобы денег всё время не хватало. И всем известный «коммунист» К. Маркс также внёс в неё свою лепту в виде «теории прибавочной стоимости», вставив, таким образом, в «товарно-денежный» механизм «лиш-

нюю деталь», которая длительный период самым негативным образом влияла на развитие экономики, но при этом позволяла баснословно обогащаться мировой финансовой олигархией. Истинные «правила игры» всем не рассказали и поддерживают существующий порядок в «ручном режиме» при помощи различных лживых «финансово-экономических» опусов и агентов влияния, продолжающих уверять общество в архиважной необходимости получения «прибыли» и в архиважной необходимости кредитования. Если же наложить «табу» на эмиссию денег и с помощью введения новой экономической модели направить их по замкнутому циклу, то необходимость в «неиссякаемом источнике» отпадёт сама собой, и устроители этой модели просто «выпадут из темы». И все те колоссальные блага, которые ранее уходили в «зазеркалье», будут распределяться между всеми остальными членами общества. А всё, что зависит от народа, – он сделает: построит, починит, смастерит, заасфальтирует, сошьёт, покрасит, испечёт, выкопает, перевезёт, посадит, посеет и соберёт урожай, т.е. создаст изобилие разнообразных благ.

Доверять «частникам» печатание денег равносильно тому же, что и доверять им изготовление оружия массового поражения, например, ядерной бомбы. Где гарантия того, что они не используют её против своего же заказчика? Этими вопросами однозначно должно ведать государство. Единственным хозяином денег в стране должно быть государство, которое осуществляет эмиссию денег. Остальные участники рынка могут ими только временно пользоваться. Поэтому государство не должно допускать, чтобы деньги в больших количествах и на длительный срок скапливались на счетах субъектов финансово-хозяйственной деятельности любой формы собственности и оседали на руках физических лиц.

Если где-то за рубежом есть частный «неиссякаемый источник» денег, принятых в качестве мировой резервной валюты, то ресурсы страны будут уходить за границу по любой цене. В конце концов, в стране вообще не будет ресурсов, а будет много цветной обесцененной бумаги. Таким образом, для развития экономики Украины необходимо полностью отказаться от банковского процента по креди-

ЕКОНОМІКА ТА УПРАВЛІННЯ

там и полностью запретить хождение на своей территории любых иностранных валют других государств. В международной торговле должен быть только бартер.

Что касается Федеральной резервной системы как организации взявшей на себя ответственность за регулирование денежного обращения в мире и навязавшей всем доллар в качестве международной резервной валюты, так она уже давно себя дискредитировала и показала всему миру, что может быть с экономикой в разных странах и к каким последствиям это всё может привести, если передать деньги в частные руки.

Что произойдёт в результате перехода на беспроцентные займы? Во-первых, произойдёт существенное снижение цен на товары и активизация хозяйственной деятельности (это значит, что люди смогут больше покупать товаров, а предприятия – больше продавать); во-вторых, исчезнет инфляция; в-третьих, люди смогут стабильно получать заработную плату; в-четвёртых, снизится безработица; в-пятых, увеличится количество заёмщиков; в-шестых, займы станут менее «проблемными» (сократится количество «невозвратов»); в-седьмых, банки получат постоянную работу и забудут, что такое банкротство; в-восьмых, улучшится морально-психологическая атмосфера в обществе, снизится социальная напряжённость; в-девярых, движение денег в государстве примет естественные формы; в-десятих, Украина заработает «очки» на международной арене, показав всему миру, как должна работать эффективная финансовая система в государстве.

Как «финансовый капитал», используемый для наращивания ещё большего «капитала», деньги не должны использоваться. Только непосредственный труд, связанный с обслуживанием экономики своей страны, должен являться причиной для его оплаты в соответствии с его количеством и качеством. Согласно К. Марксу, «капитал» – это то, что приносит «прибыль». Авторы же глубоко уверены, что «финансовый капитал» никакую «прибыль» приносить не может, а должен направляться либо на развитие производства и личное потребление, либо облагаться постоянным налогом, чтобы не «залёживался». Только в этом случае начнётся реальный товарно-денежный оборот, и экономика

придёт в движение.

Но даже и сейчас, в условиях существования «финансово-прибыльной» модели, размещать деньги в банках абсолютно всем людям бесполезно, это не даст никакого эффекта. Если все будут только жить на «проценты» и никто не будет создавать материальные блага, то всё скоро придёт в упадок.

Узаконенный доход на так называемый капитал является ничем иным, как оправданием паразитического образа жизни. Оплата должна осуществляться только за реальный труд, приносящий пользу обществу, остальные же формы дохода являются эксплуатацией чужого труда. А любой паразитический доход является тормозом в развитии экономики и вносит дисбаланс в развитие общества, так как в этом случае кто-то, пусть даже и косвенно, но эксплуатирует кого-то.

Выводы

Предложенная в данной работе схема функционирования банковской системы в стране может поднять национальную экономику на совершенно иной уровень развития, что позволит раз и навсегда решить вопрос дефицита денег в стране и устранить инфляционные процессы.

Основные принципы функционирования «кредитно-банковской» системы должны состоять в следующем:

- вся национальная валюта должна полностью принадлежать государству, которое осуществляет её эмиссию;
- все юридические и частные лица могут только временно пользоваться национальной валютой при осуществлении своей деятельности и ведении домашнего хозяйства;
- вместо кредитов под проценты банки должны выдавать беспроцентные займы на возвратной основе;
- оплата банковской деятельности за этот вид услуг должна соответствовать реальным затратам труда, который будет состоять в администрировании займов;
- заёмные деньги банкам, в свою очередь, должно выдавать государство без процентов;
- Национальный банк должен полностью подчиняться государству;
- основным предназначением денег должны

ЕКОНОМІКА ТА УПРАВЛІННЯ

стать функции обращения и платежа;

- вместо уплаты «процентов» за пользование государственными «беспроцентными» займами, предлагается уплачивать государству в полной мере налог, полученный от результатов хозяйственной деятельности.

Осуществление указанных мероприятий позволит достичь невиданного ранее уровня развития реальной экономики. Правильное сочетание материальной (производство) и духовной (финансы) составляющих позволит дать огромный экономический эффект для всей страны.

Таким образом, проценты по кредитам и депозитам, с научной точки зрения, противоречат естественным законам Природы и являются ничем иным как глубоким заблуждением, которое сильно замедляет протекание экономических процессов и способствует перманентной инфляции.

Полная ликвидация процентов по кредитам и депозитам является одним из условий, позволяющих значительно преобразовать экономическую жизнь в стране. Чтобы получить синергетический эффект в экономике надо убрать все противоречия, и, в первую очередь, в финансовой системе. Однако подчеркнём, что для полного устранения из экономики всех негативных явлений этого ещё не достаточно. Для перехода на интенсивный путь развития всей экономики, преобразования должны коснуться не только банковской системы, но и реального производства.

В данной работе приводятся научные доказательства того, что категория «прибыли» представляет собой надуманную экономическую категорию, не согласуется с естественными законами Природы, и является основной причиной «финансово-экономических» кризисов. Если избавиться от процентов, то общество начнёт само себя обслуживать с нарастающей скоростью.

Банковская система уже давно пытается управлять экономикой и оказывать на неё влияние. К чему это привело, мы все хорошо видим. Этого быть не должно. Банки не должны оказывать влияние на экономику, а должны только её обслуживать как расчётно-кассовые центры. Паразитическая составляющая банковского бизнеса должна быть отброшена.

Обложение банков налогами должно осуществляться по тем же самым критериям, по кото-

рым должны облагаться предприятия.

Собственные финансовые средства, которыми уже располагают банки, должны быть использованы на развитие материально-технической базы, инвестирования в собственное производство, выплаты материального поощрения, приобретения государственных сертификатов и т. п.

Речь идёт не о ликвидации банков, а о приведении «кредитно-финансовой» деятельности к целесообразным принципам функционирования национальной «экономико-финансовой» модели хозяйствования государства. Все остальные банковские услуги, которые не затрагивают кредитные отношения и получение процентов по кредитам, остаются в силе. Единственным финансовым инвестором для национальной экономики должно стать государство.

Те проценты, которые вкладчики получают по депозитам, «съедаются» появляющейся при этом инфляцией, и, таким образом, все преимущества этого вида дохода сводятся на нет. Постоянно же осуществлять эмиссию новых денег для функционирования экономики – это всё равно, что тушить пожар бензином. Таким образом, проценты по кредитам создают ситуацию, когда количество денег в стране всё время растёт, но их всё равно не хватает из-за их постоянной девальвации. «Финансово-экономический» механизм не позволяет осуществлять рост производства ускоренными темпами. Проценты по кредитам имеют два отрицательных фактора. Во-первых, выплата процентов провоцирует инфляцию и тормозит развитие экономики, так как функционирование такой системы требует постоянной подпитки новых денег (проценты же надо откуда-то брать); во-вторых, система процентов плодит «паразитов общества», которые равным счётом ничего не создают, а получают материальные блага, созданные другими.

Ключевое слово современной экономики – «прибыль», ключевое слово новой экономики – «польза», «благо». «Прибыль» являет собой эфемерный финансовый результат общественного производства, а «благо» или «польза» – реальный. Поэтому в первом случае акцент делается на количестве денег, а во втором – материальных благ. А так как, в конце концов, людям нужны именно материальные блага, то вторая система является более эффективной.

ЕКОНОМІКА ТА УПРАВЛІННЯ

Первая модель хороша только для владельцев «печатного станка», а вторая – для всех людей. Сам тезис о том, что главное – это получить «прибыль», является в корне неправильным. Главная задача – производить товары и услуги. Если все захотят жить только за счёт процентов и ничего не будут при этом производить, то выгодно ли обществу такое паразитическое существование?

Можно находить разные субъективные оправдания получению процента, но все они являются ненаучными и обусловлены только внутренними моральными качествами кредиторов. Но когда внутренние качества людей приводят к развалу экономики страны и потере её независимости, тут в самую пору необходимо обратить внимание на принципы функционирования национальной экономики. Принцип работы системы, который является вредным для национальной экономики и тормозит её развитие, никак не может считаться научно обоснованным.

Внедряемые в сознание людей мифы о том, что современная система кредитования якобы способствует развитию экономики, не соответствуют действительности. Хотя в отдельных случаях для каких-то конкретных заёмщиков это и имеет место, но в целом, для экономики государства, наносится непоправимый вред. Истинная наука должна подсказывать решение проблемы. Когда всё сделано по рекомендациям науки, то кризисов нет, потому что нет противоречий. Если противоречия остаются, то мы имеем дело с псевдонаукой.

Таким образом, отказ от процентов – это научно обоснованное решение, связанное с корректировкой модели хозяйствования и приведением её к естественным законам Природы. Результаты имитационного моделирования полностью подтверждают явные преимущества беспроцентной системы обеспечения реального сектора экономики. Существующая же система кредитования не имеет научного обоснования, но позволяет кому-то незаслуженно обогащаться, тормозя ещё при этом развитие экономики для всего остального общества. Отказ же от процентов позволит исправить это положение и во много раз ускорить развитие экономики. Сейчас экономика Украины работает очень вяло и то, только на избранных, а надо сделать так, чтобы она работала высокоэффективно, и на всех.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ
ИСТОЧНИКОВ

1. Аристотель. Политика : в 4 т. / Аристотель. – М. : Мысль, 1983. – 4 т. – 830 с.
2. Банківська енциклопедія : довідник / А. М. Мороз; під ред. А. М. Мороза – К. : Ельтон, 1993. – 328 с.
3. Бем-Баверк, Е. Капитал и прибыль. История и критика теорий процента на капитал / Е. Бем-Баверк – М. : Директмедиа Паблишинг, 2008. – 640 с.
4. Большой экономический словарь / под ред. А. Н. Азрилияна. – М. : Институт новой экономики, 1998. – 864 с.
5. Гезелль, С. Естественный экономический порядок [Электронный ресурс] / С. Гезелль. – Режим доступа: <http://www.economics.kiev.ua/index.php?id=819&view=article>. – Загл. с экрана.
6. Гильбо, В. Джон Ло, которого не хватает в России [Электронный ресурс] / В. Гильбо. – Режим доступа: http://www.opec.ru/article_doc.asp?d_no= 27936 – Загл. с экрана.
7. Кассель, Г. Основные идеи теоретической экономики / Г. Кассель. – М. : Директмедиа Паблишинг, 2008. – 109 с.
8. Кейнс, Д. М. Общая теория занятости, процента и денег / Д. М. Кейнс. – М. : Прогресс, 1978. – 94 с.
9. Кеннеди, М. Деньги без процентов и инфляции. Как создать средство обмена, служащее каждому [Электронный ресурс] / М. Кеннеди. – Режим доступа: http://malchish.org/lib/economics/kennedi_bez_procentov.html. – Загл. с экрана.
10. Ларуш, Л. Физическая экономика как платоновская эпистемологическая основа всех отраслей человеческого знания [Электронный ресурс] / Л. Ларуш. – Режим доступа: http://www.larouchepub.com/russian/phys_econ/phys-sec_toc.html. – Загл. с экрана.
11. Маркс, К. Капитал (критика политической экономики). В 3 т. Т. 3. Процесс капиталистического производства, взятый в целом / К. Маркс. – М. : Гос. изд-во политической лит., 1951. – 932 с.
12. Милль, Дж. С. Основы политической экономии с некоторыми приложениями к социальной философии / Дж. С. Милль. – М. : Эксмо, 2007. – 1040 с.
13. Мочерний, С. В. Банківська система України / С. В. Мочерний, Л. С. Тришак. – Львів : Тріада плюс, 2004. – 304 с.
14. Мямлин, В. В. К вопросу о категории прибыли / В. В. Мямлин // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Д. : Вид-во ДНУЗТ, 2010. – Вип. 29. – С. 268–279.

ЕКОНОМІКА ТА УПРАВЛІННЯ

15. Мямлин, В. В. Существующая прибыльно-финансовая модель хозяйствования – основная причина кризиса мировой экономической системы и краха финансовой системы / В. В. Мямлин // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Д. : Вид-во ДНУЗТ, 2008. – Вип. 25. – С. 241–247.
16. Мямлин, В. В. Теория бесприбыльной альтернативной экономики как основа нового экономического мировоззрения / В. В. Мямлин // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Д. : Вид-во ДНУЗТ, 2009. – Вип. 26. – С. 222–230.
17. Петти, В. Экономические и статистические работы : в 2 т. / В. Петти. – М. : Соцэкгиз, 1940. – 324 с.
18. Пшинько, А. Н. Влияние скорости обращения денежной массы на эффективность национальной экономики / А. Н. Пшинько, В. В. Мямлин, С. В. Мямлин // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Д. : Вид-во ДНУЗТ, 2012. – Вип. 42. – С. 300–311.
19. Пшинько, А. Н. Переход на модель высокоэффективной национальной экономики – реальный путь решения экономических проблем в государстве / А. Н. Пшинько, В. В. Мямлин, С. В. Мямлин // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Д. : Вид-во ДНУЗТ, 2012. – Вип. 41. – С. 294–303.
20. Пшинько, А. Н. Повышение уровня системности экономики – основной путь выхода из кризиса / А. Н. Пшинько, В. В. Мямлин, С. В. Мямлин // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Д. : Вид-во ДНУЗТ, 2011. – Вип. 36. – С. 275–283.
21. Райсберг, Б. А. Современный экономический словарь / Б. А. Райсберг, Л. Ш. Лозовский, Е. Б. Стародубцева. – М. : ИНФРА-М, 2008. – 512 с.
22. Рикардо, Д. Антология экономической классики / Д. Рикардо. – М. : «Экономос»–«Ключ», 1993. – 475 с.
23. РосФинКом [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://rosfincom.ru/news/1849.html>. – Загл. с экрана.
24. Смит, А. Исследование о природе и причинах богатства народов / А. Смит. – М. : Эксмо, 2009. – 960 с.
25. Тюрго, А. Избранные экономические произведения / А. Тюрго. – М. : Соцэкгиз, 1961. – 198 с.
26. Федер, Г. Манифест к сломиению кабалы процентов / Г. Федер. – М. : «Знание-власть», 2000. – 31 с.
27. Фишер, И. Покупательная сила денег / И. Фишер. – М. : Дело, 2001. – 198 с.
28. Шумпетер, Й. Теория экономического развития (Исследование предпринимательской прибыли, капитала, кредита, процента и цикла конъюнктуры) / Й. Шумпетер. – М. : Прогресс, 1982. – 456 с.
29. Щетинін, А. І. Гроші та кредит / А. І. Щетинін. – К. : Центр навчальної літератури, 2005. – 432 с.

О. М. ПШИНЬКО¹, В. В. МЯМЛИН^{2*}, С. В. МЯМЛИН²

¹Каф. «Будівлі та будівельні матеріали», Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, Дніпропетровськ, Україна, 49010

²Кафедра «Вагони та вагонне господарство», Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, Дніпропетровськ, Україна, 49010, тел./факс +38(0562) 47 18 66, ел.пошта minimax1992@gmail.com

ЩОДО ПИТАННЯ ПРО НАУКОВЕ ОБГРУНТУВАННЯ ВІДСОТКІВ ЗА ДЕПОЗИТАМИ ТА КРЕДИТАМИ

Мета. Проаналізувати необхідність існування кредитів на сучасному етапі функціонування економіки в тому вигляді, в якому вони представлені на сьогоднішній день. Розробити системний комплекс заходів для того, щоб «економіко-фінансова» система в державі змогла б ефективно працювати і не залежати від економічних і фінансових катаклізмів, що відбуваються в світі. **Методика.** Розроблена та апробована імітаційна комп'ютерна модель руху грошей у державі. **Результати.** Проведено ретроспективний аналіз теорій сутності кредиту і позичкового відсотка. Розглянуто деякі аспекти отримання відсотків за депозитами і кредитами з точки зору принципово нової економічної моделі господарювання, в основу якої покладена «Теорія високо-ефективної національної економіки». За допомогою імітаційного моделювання показано негативний вплив банківського відсотка на загальний розвиток національної економіки. Доведено, що основною причиною «фінансово-економічних» криз є економічна категорія «прибутку». **Наукова новизна.** Запропонована радикально нова модель функціонування банківської системи держави, яка дозволяє створити синергетичний економічний ефект. **Практична значимість.** Впровадження представленої моделі забезпечить вже у перші роки зростання ВВП в 2–2,5 рази. Економічний ефект від впровадження може становити ≈ 1 трлн грн.

ЕКОНОМІКА ТА УПРАВЛІННЯ

Ключові слова: кредит; депозит; відсоток; фінансово-економічна криза; грошова позика

O. M. PSHINKO¹, V. V. MYAMLIN^{2*}, S. V. MYAMLIN²

¹Dep. "Buildings and Building Materials", Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan, Lazaryan Str., 2, Dnepropetrovsk, Ukraine, 49010

²Dep. "Cars and car facilities", Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan, Lazaryan Str., 2, Dnepropetrovsk, Ukraine, 49010, tel./fax +38 (0562) 47 18 66, e-mail minimax1992@gmail.com

TO THE QUESTION OF SCIENTIFIC JUSTIFICATION OF THE INTERESTS ON DEPOSITS AND CREDIT

Purpose. To analyze the need of loans in the form they are presented today at the present stage of economic functioning. To develop a systematic group of actions in order to allow the "economic and financial" system of the country to work efficiently, irrespective of economic and financial world cataclysms. **Methodology.** Computer simulation model of monetary movement in the state is developed and tested. **Conclusions.** A retrospective analysis of the essence of theories of credit and lending rate has been made. Some aspects of interest receiving on deposits and loans from the point of view of a radically new economic model of management, which based on the "National economy high-performance theory», are considered. Using the simulation modeling the negative influence of bank interest on the national economy general development is indicated. It is proved that the main reason of the "financial and economic crisis" is the economic category of "profit". **Originality.** A radically new model of banking system functioning in the country is proposed. This system allows one to create synergistic economic effect. **Practical value.** Implementation of the given model will provide the GDP growth for the 2–2.5 times as early as the first years. The economic effect of the introduction can bring about 1 trillion UAH.

Keywords: credit; deposit; interest; financial and economic crisis; money loan

REFERENCES

1. Myamlin V.V. Sushchestvuyushchaya pribylno-finansovaya model khozyaystvovaniya – osnovnaya prichina krizisa mirovoy zkonomicheskoy sistemy i krakha finansovoy sistemy [The current management profit and financial model as the basic cause of the world economic system crisis and the collapse of the world financial system]. *Visnyk Dnipropetrovskoho natsionalnoho universytetu zaliznychnoho transportu imens akademika V. Lazariana* [Bulletin of Dnepropetrovsk National University named after Academician V. Lazaryan], 2008, issue 25, pp. 241-247.
2. Myamlin V.V. Teoriya bespribylnoy alternativnoy ekonomiki kak osnova novogo ekonomicheskogo mirovozzreniya [The theory of nonprofit alternative economy as the foundation of the new economic world view]. *Visnyk Dnipropetrovskoho natsionalnoho universytetu zaliznychnoho transportu imens akademika V. Lazariana* [Bulletin of Dnepropetrovsk National University named after Academician V. Lazaryan], 2009, issue 26, pp. 222-230.
3. Myamlin V.V. K voprosu o kategorii pribyli [On the problem of the profit category]. *Visnyk Dnipropetrovskoho natsionalnoho universytetu zaliznychnoho transportu imens akademika V. Lazariana* [Bulletin of Dnepropetrovsk National University named after Academician V. Lazaryan], 2010, issue 29, pp. 268-279.
4. Pshinko A.N. Myamlin V.V., Myamlin S.V. Povysheniye urovnya sistemnosti ekonomiki – osnovnoy put vykhoda iz krizisa [Enhancement of system level of economics as the basic way out of the crisis]. *Visnyk Dnipropetrovskoho natsionalnoho universytetu zaliznychnoho transportu imens akademika V. Lazariana* [Bulletin of Dnepropetrovsk National University named after Academician V. Lazaryan], 2011, issue 36, pp. 275-283.
5. Pshinko A.N., Myamlin V.V., Myamlin S.V. Perekhod na model visokoeffektivnoy natsionalnoy zkonomiki – realnyy put resheniya ekonomicheskikh problem v gosudarstve [Transition to the model of high-efficiency national economics as the real method of solving economic problems in the country]. *Visnyk Dnipropetrovskoho natsionalnoho universytetu zaliznychnoho transportu imens akademika V. Lazariana* [Bulletin of Dnepropetrovsk National University named after Academician V. Lazaryan], 2012, issue 41, pp. 294-303.
6. Pshinko A.N. Myamlin V.V., Myamlin S.V. Vliyaniye skorosti obrashcheniya denezhnoy massy na effektivnost natsionalnoy ekonomiki [The influence of money circulation on the national economy efficiency]. *Visnyk Dnipropetrovskoho natsionalnoho universytetu zaliznychnoho transportu imens akademika V. Lazariana* [Bul-

ЕКОНОМІКА ТА УПРАВЛІННЯ

- letin of Dnepropetrovsk National University named after Academician V. Lazaryan], 2012, issue 42, pp. 300-3011.
7. Shchetynin A. I. *Hroshi ta kredyt* [Money and credit]. Kyiv, Tsentr navchalnoi literatury Publ., 2005. 432 p.
 8. Petti V. *Ekonomicheskije i statisticheskiye raboty* [Economic and statistic works]. Moscow Sotsekgiz Publ., 1940. 324 p.
 9. Tyurgo A. *Izbrannye ekonomicheskie proizvedeniya* [Selected economic works]. Moscow, Sotsekgiz Publ., 1961. 198 p.
 10. Smit A. *Issledovaniye o prirode i prichinakh bogatstva narodov* [The research on nature and causes of wealth of nations]. Moscow, Eksmo Publ., 2009. 960 p.
 11. Rikardo D. *Antologiya ekonomicheskoy klassiki* [Anthology of economic classics]. Moscow, Ekonos-Klyuch Publ., 1993. 475 p.
 12. Gilbo V. *Dzhon Lo, kotorogo ne khvataet v Rossii* (John Law, who is in lack in Russia). Available at: http://www.opec.ru/article_doc.asp?d_no=27936 (accessed 26 February 2013)
 13. Mill Dzh. S. *Osnovy politicheskoy ekonomii s nekotorymi prilozheniyami k sotsialnoy filosofii* [Foundations of political economy with some applications to social philosophy]. Moscow, Eksmo Publ., 2007. 1040 p.
 14. Bem-Baverk Ye. *Kapital i pribyl. Istoriya i kritika teorii protsenta na kapital* [Capital and profit. The history and criticism of interest on capital theories]. Moscow, Direktmedia Publishing Publ., 2008. 640 p.
 15. Shumpeter Y. *Teoriya ekonomicheskogo razvitiya (Issledovanie predprinimatelskoy pribyli, kapitala, kredita, protsenta i tsikla konyunktury)* [The theory of economic development (The research of enterprise profits, capital, credit, interest, and the conjuncture cycle)]. Moscow Progress Publ., 1982. 456 p.
 16. Kassel G. *Osnovnyye idei teoreticheskoy ekonomii* [The main ideas of theoretical economics]. Moscow, Direktmedia Publishin Publ., 2008. 109 p.
 17. Keyns D.M. *Obshchaya teoriya zanyatosti, protsenta i deneg* [General Theory of Employment, Interest and Money]. Moscow, Progress Publ., 1978. 494 p.
 18. Fisher I. *Pokupatel'naya sila deneg* [The purchasing power of money]. Moscow, Delo Publ., 2001. 198 p.
 19. Marks K. *Kapital (kritika politicheskoy ekonomii). T.3 : Protsess kapitalisticheskogo proizvodstva, vzyaty y v tselom* (Capital (critique of political economy), Vol. 3 : The process of capitalist production, taken as a whole), Moscow, Gosudarstvennoye izdatel'stvo politicheskoy literatury Publ., 1951. 932 p.
 20. Aristotel. *Politika* [Politics]. Moscow, Mysl Publ., 1983. Vol. 4. 830 p.
 21. Raysberg B.A. Lozovskiy L.Sh., Starodubtseva Ye.B. *Sovremennyy ekonomicheskyy slovar* [Modern Economic Dictionary]. Moscow, INFRA-M Publ., 2008. 512 p.
 22. Azriliyan A.N. *Bolshoy ekonomicheskyy slovar* [Great Dictionary of Economics]. Moscow, Institut novoy ekonomiki Publ., 1998. 864 p.
 23. Moroz A.M. *Bankivska entsyklopediia* [Banking Encyclopedia]. Kyiv, Elton Publ., 1993. 328 p.
 24. Feder G. *Manifest k slomleniyu kabaly protsentov* [Manifesto to percents bondage abolition]. Moscow, Znaniye-vlast Publ., 2000. 31 p.
 25. Larush L. *Fizicheskaya ekonomika kak platonovskaya epistemologicheskaya osnova vsekh otrasley chelovecheskogo znaniya* (Physical economy as platonic epistemological foundation of all branches of human knowledge). Available at: http://www.larouchepub.com/russian/phys_econ/physec_toc.html (Accessed 26 February 2013).
 26. Kennedi M. *Dengi bez protsentov i inflyatsii. Kak sozdat sredstvo obmena, sluzhashcheye kazhdomu* (Money without interest and inflation. How to create a medium of exchange, each serving). Available at: http://malchish.org/lib/economics/kennedi_bez_procentov.html (Accessed 26 February 2013).
 27. Gezell S. *Yestestvennyy ekonomicheskyy poryadok* (Natural Economic Order). Available at: <http://www.economics.kiev.ua/index.php?id=819&view=article> (Accessed 26 February 2013).
 28. Mochernyi S.V., Tryshak L.S. *Bankivska systema Ukrainy* [The banking system of Ukraine]. Lviv, Triada plus Publ., 2004. 304 p.
 29. RosFinKom. Available at: <http://rosfincom.ru/news/1849.html> (Accessed 26 February 2013).

Статья рекомендована к публикации д.э.н., проф. Ю. С. Барашем (Украина); д.э.н., проф. С. Я. Салыгой (Украина)

Поступила в редколлегию 27.11.2012

Принята к печати 25.02.2013

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ТА РЕМОНТ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ

УДК 656.212.5

В. И. БОБРОВСКИЙ¹, А. С. ДОРОШ^{2*}

¹ Каф. «Станции и узлы», Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта им. акад.

В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, 49010, Днепропетровск, Украина, тел. +38 (066) 444 63 95, эл. почта bvi1973@yandex.ua

^{2*} Каф. «Станции и узлы», Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта им. акад.

В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, 49010, Днепропетровск, Украина, тел. +38 (066) 927 84 62, эл. почта dorosh_as@mail.ru

ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМОВ ТОРМОЖЕНИЯ ОТЦЕПОВ РАСЧЕТНОЙ ГРУППЫ СОСТАВА

Цель. Совершенствование метода определения режима торможения управляемого отцепов расчетной группы с целью повышения качества интервального регулирования скорости отцепов состава на автоматизированной сортировочной горке. **Методика.** Для проведения исследований процесса расформирования составов на сортировочной горке использовался метод имитационного моделирования. **Результаты.** Выполнены исследования условий разделения отцепов расчетной группы и их связи с режимами торможения управляемого отцепов на основе системного подхода. При этом рассматривались интервалы между отцепами расчетной группы одновременно и на стрелках, и на замедлителях спускной части горки. Отмечены особенности интервального регулирования на сортировочных горках с различным взаимным расположением головной стрелки и верхней тормозной позиции. **Научная новизна.** Установлено, что при оптимизации режимов торможения группы отцепов необходимо обеспечить наилучшие условия разделения отцепов на стрелочных переводах и на замедлителях тормозных позиций спускной части горки. **Практическая значимость.** Формально оптимизирована задача выбора режима торможения управляемого отцепов в группе, при котором наименьший из интервалов обращается в максимум. Это способствует повышению эффективности сортировочного процесса при автоматизации расформирования составов на горке.

Ключевые слова: сортировочная горка; отцеп; режим торможения; интервал; тормозная позиция

Введение

Одной из основных задач автоматизации управления роспуском составов на сортировочных горках является обеспечение требований безопасности роспуска и необходимого качества интервального регулирования скорости скатывающихся отцепов.

Цель

С этой целью необходимо установить рациональный режим торможения (РТ) для каждого отцепов расформируемого состава, при котором обеспечиваются наилучшие условия их разделения на стрелках.

Для решения данной задачи в работах [8, 9] предложена интеллектуальная модель управления на базе нечеткой логики, которая позволяет определить скорости выхода отцепов из тормозных позиций в условиях адаптации к текущей ситуации на спускной части горки.

Методы

В работе [1] решение задачи оптимизации РТ отцепов состава выполнено с использованием итерационного метода. Предложенный метод позволяет установить до роспуска состава такие РТ отцепов, при которых расчетные интервалы на стрелках во всех парах разделяющихся отцепов, в том числе и несмежных, при-

ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ

нимают максимально возможные значения [2]. Однако недостатком данного метода является решение задачи оптимизации РТ отцепов в детерминированной постановке. Так, выполненные в [4] исследования показали, что влияние случайных факторов существенно усложняет определение режимов торможения отцепов при расформировании составов. В связи с этим в [5, 6] оптимизацию режимов интервального регулирования скорости отцепов предложено выполнять по критерию минимума вероятности неразделения отцепов на стрелочных переводах. Такой подход позволяет решать задачу поиска РТ отцепов при стохастических условиях скатывания, что позволяет более полно учесть влияние случайных факторов в процессе расформирования составов на горке. Задача выбора РТ отцепов по предложенному критерию решена в [3]; при этом установленные режимы обеспечивают минимальную величину окон на сортировочных путях и минимальный риск неразделения отцепов на стрелках при заданном уровне безопасности сортировочного процесса.

Выполненный анализ научных работ показывает, что оптимизация РТ отцепов выполняется по условию обеспечения их разделения только на стрелочных переводах; при этом разделение отцепов на замедлителях спускной части горки не учитывается, либо рассматривается как ограничение [7], что не позволяет максимально повысить качество интервального регулирования на всех разделительных элементах спускной части горки.

Исследования, выполненные на основе имитационного моделирования роспуска составов на автоматизированных горках, показали, что в некоторых случаях при достаточно больших интервалах между отцепами на стрелках имеют место неразделения отцепов на входных замедлителях средних тормозных позиций (СТП). Как показал анализ, в подобных случаях установленные с помощью метода [1] расчетные РТ отцепов обеспечивают максимальные интервалы на стрелках, тогда как интервалы на замедлителях имеют недостаточную величину. Известно, что интервал между отцепами на входных замедлителях ТП $\delta t^{\text{ТП}}$ должен быть не меньше времени $t_{\text{пб}}$, необходимого для перевода балок замедлителя из одного положения в

другое до входа на него очередного отцепа. Для обеспечения данного требования в задачу оптимизации режимов торможения отцепов состава введены специальные ограничения. С этой целью в [7] разработана методика, с помощью которой в области допустимых режимов (ОДР) управляемого отцепа устанавливаются режимы торможения, обеспечивающие выполнения условия $\delta t_i \geq t_{\text{пб}}$. В дальнейшем в процессе оптимизации режимов торможения отцепов в установленной таким образом ОДР находят режимы, при которых интервалы на стрелках максимальны; при этом интервалы на замедлителях $\delta t^{\text{ТП}}$ могут лишь незначительно превышать установленные значения $t_{\text{пб}}$. В таких случаях даже незначительные погрешности в реализации расчетных режимов торможения могут приводить к неразделениям отцепов на ТП.

Кроме того, приведенная в [7] методика поиска указанных ограничений является достаточно сложной, требующей для её реализации использования имитационного моделирования и регрессионного анализа. Это затрудняет реализацию данной методики в системах автоматизированного управления роспуском составов на горках. В этой связи для повышения эффективности итерационного метода в данной работе были выполнены исследования условий разделения отцепов и их связи с РТ на основе системного подхода. При этом рассматривались интервалы между отцепами расчетной группы отцепов ОП-ОХ-ОП одновременно и на стрелках, и на замедлителях спускной части горки.

Известно, что в группе из 3-х отцепов существует два интервала между ними на разделительных стрелках (δt_{12} , δt_{23}), а также может быть до 4-х интервалов на замедлителях верхней (ВТП) и средней (СТП) тормозных позиций ($\delta t_{12}^{\text{ВТП}}$, $\delta t_{12}^{\text{СТП}}$, $\delta t_{23}^{\text{ВТП}}$, $\delta t_{23}^{\text{СТП}}$). При этом с позиций интервального регулирования наилучшим для среднего отцепа является такой режим торможения \mathbf{H}^* , при котором наименьший из интервалов в группе обращается в максимум:

$$\min\{\delta t_{12}(\mathbf{H}^*), \delta t_{23}(\mathbf{H}^*), \delta t_{12}^{\text{ВТП}}(\mathbf{H}^*), \delta t_{12}^{\text{СТП}}(\mathbf{H}^*), \delta t_{23}^{\text{ВТП}}(\mathbf{H}^*), \delta t_{23}^{\text{СТП}}(\mathbf{H}^*)\} \rightarrow \max \quad (1)$$

Конкретное число входящих в (1) интервалов зависит как от взаимного расположения стрелок и тормозных позиций на сортировоч-

ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ

ной горке, так и от маршрутов следования отцепов группы. Как показал анализ, на горках, имеющих 4 пучка сортировочных путей, существует 9 комбинаций разделительных стрелок группы из 3-х отцепов, которые отличаются числом и расположением разделительных элементов на тормозных позициях спускной части горки и, соответственно, числом интервалов в целевой функции (1). Для анализа особенностей разделения отцепов такой группы в табл. 1 приведены 9 указанных комбинаций разделительных стрелок, в которых каждая пара отцепов разделяется либо на головной стрелке ($\sigma=1$), либо на стрелке, определяющей выбор пучка ($\sigma=2$), либо на одной из стрелок пучка ($\sigma=3-5$). Следует заметить, что данная таблица построена для горки, на которой ВТП расположена за головной стрелкой.

Как видно из табл. 1, условия разделения отцепов группы в 9 указанных комбинациях

существенно различаются как числом интервалов на разделительных элементах, так и условиями их регулирования. Так, число интервалов в группе может изменяться от 2 (комб. 1, $\sigma_1=1$, $\sigma_2=1$) до 6 (комб. 9, $\sigma_1=3-5$, $\sigma_2=3-5$). Указанные различия вызваны тем, что при отдельных комбинациях назначений группы отсутствуют разделения отцепов на ВТП и/или СТП. Одновременно при этом могут отличаться и условия регулирования интервалов между отцепами – интервал может быть нерегулируемым (помечены в табл. 1 знаком '*'), может зависеть от торможения ОХ только на ВТП ($\delta t_{i,i+1}^{\sigma}(h'_2)$), либо на обеих позициях – ВТП и СТП ($\delta t_{i,i+1}^{\sigma}(h'_2, h''_2)$). Перечисленные особенности существенно усложняют выбор оптимального РТ управляемого отцепа группы.

Таблица 1

Условия разделения группы из 3-х отцепов на горке, на которой ВТП расположена за головной стрелкой

Комбинация	Разделительные стрелки		Интервалы на разделительных элементах в парах отцепов группы						Число разделений на ТП		
			1-я пара			2-я пара					
	σ_1	σ_2	Стрелка	ВТП	СТП	Стрелка	ВТП	СТП	1-я пара	2-я пара	Всего
1	1	1	$\delta t_{12}^1 *$	—	—	$\delta t_{23}^1 *$	—	—	0	0	0
2	1	2	$\delta t_{12}^1 *$	—	—	$\delta t_{23}^2(h_2')$	$\delta t_{23}^{\text{АОИ}}(h_2')$	—	0	1	1
3	1	3-5	$\delta t_{12}^1 *$	—	—	$\delta t_{23}^{3-5}(h_2', h_2'')$	$\delta t_{23}^{\text{АОИ}}(h_2')$	$\delta t_{23}^{\text{НОИ}}(h_2', h_2'')$	0	2	2
4	2	1	$\delta t_{12}^2(h_2')$	$\delta t_{12}^{\text{АОИ}} *$	—	$\delta t_{23}^1 *$	—	—	1	0	1
5	2	2	$\delta t_{12}^2(h_2')$	$\delta t_{12}^{\text{АОИ}} *$	—	$\delta t_{23}^2(h_2')$	$\delta t_{23}^{\text{АОИ}}(h_2')$	—	1	1	2
6	2	3-5	$\delta t_{12}^2(h_2')$	$\delta t_{12}^{\text{АОИ}} *$	—	$\delta t_{23}^{3-5}(h_2', h_2'')$	$\delta t_{23}^{\text{АОИ}}(h_2')$	$\delta t_{23}^{\text{НОИ}}(h_2', h_2'')$	1	2	3
7	3-5	1	$\delta t_{12}^{3-5}(h_2', h_2'')$	$\delta t_{12}^{\text{АОИ}} *$	$\delta t_{12}^{\text{НОИ}}(h_2')$	$\delta t_{23}^1 *$	—	—	2	0	2
8	3-5	2	$\delta t_{12}^{3-5}(h_2', h_2'')$	$\delta t_{12}^{\text{АОИ}} *$	$\delta t_{12}^{\text{НОИ}}(h_2')$	$\delta t_{23}^2(h_2')$	$\delta t_{23}^{\text{АОИ}}(h_2')$	—	2	1	3
9	3-5	3-5	$\delta t_{12}^{3-5}(h_2', h_2'')$	$\delta t_{12}^{\text{АОИ}} *$	$\delta t_{12}^{\text{НОИ}}(h_2')$	$\delta t_{23}^{3-5}(h_2', h_2'')$	$\delta t_{23}^{\text{АОИ}}(h_2')$	$\delta t_{23}^{\text{НОИ}}(h_2', h_2'')$	2	2	4

Примечания:

«–» – Интервал в паре отцепов на данном разделительном элементе отсутствует;

«*» – Интервал в паре отцепов на данном разделительном элементе нерегулируемый.

Следует заметить, что условия разделения отцепов группы на 1-й стрелке и на ВТП, а также особенности регулирования интервалов на этих элементах существенно зависят от взаимного расположения головной стрелки горки и ВТП. В

этой связи в табл. 2 приведены 9 комбинаций разделительных стрелок для группы из 3-х отцепов, рассмотренных выше, для горки, на которой ВТП расположена до головной стрелки.

На данной горке интервалы на 1-й стрелке за-

ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ

висят от торможения ОХ на ВТП ($\delta t_{i,i+1}^1(h'_2)$), тогда как ранее (см. табл. 1) они были нерегулируемые. Кроме того, в данном случае, интервалы на ВТП имеют место во всех 9 комбинациях; при этом в 1-й паре отцепов они нерегулируемые, а во 2-й паре они зависят от торможения ОХ на ВТП ($\delta t_{23}^{\text{ВТП}}(h'_2)$). Таким образом, очевидно, что выбор режимов торможения на данной горке несколько сложнее, чем на горке, на которой ВТП расположена за головной стрелкой.

Для анализа влияния режимов торможения на условия разделения были выполнены исследования 9 групп отцепов ОП-ОХ-ОП, стрелки разделения в которых соответствуют комбинациям, приведенным в табл. 1-2. С этой целью было выполнено имитационное моделирование управляемого скатывания группы отцепов ОП-ОХ-ОП на горках с двумя рассматриваемыми вариантами взаимного расположения ВТП и головной стрелки при различных режимах торможения.

Таблица 2

**Условия разделения группы из 3-х отцепов на горке, на которой ВТП
расположена до головной стрелки**

Комбинация	Разделительные стрелки		Интервалы на разделительных элементах в парах отцепов группы						Число разделений на ТП		
			1-я пара			2-я пара					
	σ_1	σ_2	Стрелка	ВТП	СТП	Стрелка	ВТП	СТП	1-я пара	2-я пара	Всего
1	1	1	$\delta t_{12}^1(h'_2)$	$\delta t_{12}^{\text{АОИ}} *$	—	$\delta t_{23}^1(h'_2)$	$\delta t_{23}^{\text{АОИ}}(h'_2)$	—	1	1	2
2	1	2	$\delta t_{12}^1(h'_2)$	$\delta t_{12}^{\text{АОИ}} *$	—	$\delta t_{23}^2(h'_2)$	$\delta t_{23}^{\text{АОИ}}(h'_2)$	—	1	1	2
3	1	3-5	$\delta t_{12}^1(h'_2)$	$\delta t_{12}^{\text{АОИ}} *$	—	$\delta t_{23}^{3-5}(h'_2, h''_2)$	$\delta t_{23}^{\text{АОИ}}(h'_2)$	$\delta t_{23}^{\text{НОИ}}(h'_2, h''_2)$	1	2	3
4	2	1	$\delta t_{12}^2(h'_2)$	$\delta t_{12}^{\text{АОИ}} *$	—	$\delta t_{23}^1(h'_2)$	$\delta t_{23}^{\text{АОИ}}(h'_2)$	—	1	1	2
5	2	2	$\delta t_{12}^2(h'_2)$	$\delta t_{12}^{\text{АОИ}} *$	—	$\delta t_{23}^2(h'_2)$	$\delta t_{23}^{\text{АОИ}}(h'_2)$	—	1	1	2
6	2	3-5	$\delta t_{12}^2(h'_2)$	$\delta t_{12}^{\text{АОИ}} *$	—	$\delta t_{23}^{3-5}(h'_2, h''_2)$	$\delta t_{23}^{\text{АОИ}}(h'_2)$	$\delta t_{23}^{\text{НОИ}}(h'_2, h''_2)$	1	2	3
7	3-5	1	$\delta t_{12}^{3-5}(h'_2, h''_2)$	$\delta t_{12}^{\text{АОИ}} *$	$\delta t_{12}^{\text{НОИ}}(h'_2)$	$\delta t_{23}^1(h'_2)$	$\delta t_{23}^{\text{АОИ}}(h'_2)$	—	2	1	3
8	3-5	2	$\delta t_{12}^{3-5}(h'_2, h''_2)$	$\delta t_{12}^{\text{АОИ}} *$	$\delta t_{12}^{\text{НОИ}}(h'_2)$	$\delta t_{23}^2(h'_2)$	$\delta t_{23}^{\text{АОИ}}(h'_2)$	—	2	1	3
9	3-5	3-5	$\delta t_{12}^{3-5}(h'_2, h''_2)$	$\delta t_{12}^{\text{АОИ}} *$	$\delta t_{12}^{\text{НОИ}}(h'_2)$	$\delta t_{23}^{3-5}(h'_2, h''_2)$	$\delta t_{23}^{\text{АОИ}}(h'_2)$	$\delta t_{23}^{\text{НОИ}}(h'_2, h''_2)$	2	2	4

Примечания:

« — » – Интервал в паре отцепов на данном разделительном элементе отсутствует;

« * » – Интервал в паре отцепов на данном разделительном элементе нерегулируемый.

В результате моделирования были получены значения интервалов между отцепами группы на стрелках σ_1 - σ_2 , а также на замедлителях ВТП и СТП в обеих парах при заданных режимах торможения. Для исследования интервалов между отцепами в группе для отцепа ОХ была определена область допустимых режимов торможения (ОДР) - рис. 1.

Оптимизация режимов торможения в группе из 3-х отцепов осуществлялась двумя методами. В первом методе, предложенном в [7], максимизация интервалов осуществляется только на разделительных стрелках; при этом интервалы на замедлителях рассматриваются как ограничения

($\delta t_{i,i+1}^{\text{ТП}} \geq \delta t_{\min}$). При использовании данного метода оптимальный РТ среднего отцепа \mathbf{H}^* всегда располагается на одном из участков границы ОДР; при выборе участка учитывается соотношение координат точек занятия $s_{\text{вх}}(\sigma_1)$ и освобождения $s_{\text{вых}}(\sigma_2)$ средним отцепом ИЗУ стрелок разделения σ_1 и σ_2 , соответственно, с предыдущим и с последующим отцепами.

Во втором методе, предложенном в данной статье, оптимальным для среднего отцепа является такой режим \mathbf{H}^* , при котором наименьший из всех интервалов на разделительных стрелках, а также на замедлителях ВТП и СТП

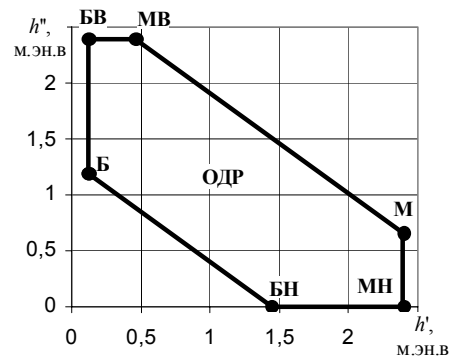
ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ

в группе (до 6 интервалов) обращается в максимум (1). В данном методе правила выбора оптимального режима \mathbf{H}^* различны для разных комбинаций разделительных стрелок и, кроме того, они зависят от конструкции плана головной части горки.

Результаты оптимизации режима торможения управляемого отцепа в группе на горке, на которой ВТП расположена за головной стрелкой, полученные с использованием двух указанных методов для всех 9 возможных комбинаций разделительных стрелок, приведены в табл. 3.

Анализ полученных результатов позволяет установить особенности выбора оптимального режима торможения управляемого отцепа в группе. Очевидно, что в 1-й паре отцепов группы интервалы δt на всех разделительных элементах возрастают при увеличении торможения среднего отцепа $\mathbf{H} = (h', h'')$, а во 2-й паре они, наоборот, уменьшаются. При этом величина каждого интервала и интенсивность их изменения при варьировании \mathbf{H} существенно

различаются, что сказывается на выборе оптимального режима торможения.



Режим	h' , м.э.н.в.	h'' , м.э.н.в.
Б	0,121	1,194
БН	1,444	0,000
МН	2,400	0,000
М	2,400	0,658
МВ	0,460	2,400
БВ	0,121	2,400

Рис. 1 Область допустимых режимов торможения отцепа ОХ на горке, на которой ВТП расположена за головной стрелкой

Таблица 3

Результаты оптимизации режима торможения управляемого отцепа в группе на горке, на которой ВТП расположена за головной стрелкой

Комб	σ_1	σ_2	Метод	h' , м.э.н.в.	h'' , м.э.н.в.	δt_{12} , с	$\delta t_{12}^{\Delta OI}$, с	$\delta t_{12}^{\tilde{N}OI}$, с	δt_{23} , с	$\delta t_{23}^{\Delta OI}$, с	$\delta t_{23}^{\tilde{N}OI}$, с
1	1	1	1	~	~	2,465	—	—	4,577	—	—
			2	~	~	2,465	—	—	4,577	—	—
2	1	2	1	1,887	0	2,465	—	—	2,464	6,056	—
			2	0,121	1,194–2,40	2,465	—	—	8,054	6,574	—
3	1	5	1	1,612	0	2,465	—	—	2,465	6,163	2,910
			2	0,121	1,194	2,465	—	—	9,207	6,574	8,819
4	2	1	1	1,915	1,093	4,577	2,275	—	4,577	—	—
			2	2,400	0–0,658	9,160	2,275	—	4,577	—	—
5	2	2	1	1,688	0	3,747	2,275	—	3,747	6,135	—
			2	1,688	0	3,747	2,275	—	3,747	6,135	—
6	2	5	1	1,538	0	3,333	2,275	—	3,333	6,190	3,449
			2	1,538	0	3,333	2,275	—	3,331	6,189	3,448
7	5	1	1	0,650	1,582	4,582	2,275	1,015	4,577	—	—
			2	2,400	0,658	63,389	2,275	16,063	4,577	—	—
8	5	2	1	0,650	1,786	7,142	2,275	1,015	7,141	6,452	—
			2	1,566	1,407	46,639	2,275	4,364	4,362	6,180	—
9	5	5	1	1,500	0	3,748	2,275	4,010	3,749	6,203	3,706
			2	1,494	0,015	3,742	2,275	3,977	3,742	6,205	3,741

Примечания:

« ~ » - режим торможения произвольный

В случае, когда обе пары отцепов группы разделяются на 1-й стрелке (комб. 1), режим торможения отцепа ОХ может быть произволь-

ным, а величина каждого интервала при этом зависит от конструкции горки.

При 2-4-й, а также 7-й комбинациях стрелок наилучший режим торможения ОХ может быть

ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ

определен без выполнения процедур оптимизации, поскольку в них интервалы δt , зависящие от режима торможения, сосредоточены только в одной из пар отцепов (в 4-й и 7-й комбинациях – в 1-й паре отцепов, во 2-й и 3-й комбинациях – во 2-й паре – см. табл. 1). В этой связи в 4-й и 7-й комбинациях наибольшие интервалы на разделительных элементах обеспечиваются при максимальном торможении отцепа ОХ (медленный режим (М) в ОДР – см. рис. 1), а во 2-й и 3-й комбинациях – при минимальном торможении ОХ (быстрый режим Б). При этом во 2-й и 4-й комбинациях интервалы δt зависят только от торможения ОХ на ВТП и поэтому торможение на СТП может изменяться в допустимых пределах (линии Б-БВ для 2-й комбинации и МН-М для 4-й, см. рис. 1). Для сравнения

необходимо отметить, что при 1-м методе оптимизации во всех указанных случаях режим торможения определяется путем выравнивания интервалов на стрелках, что приводит к существенному уменьшению некоторых из них (см. табл. 3, комб. 7).

При всех остальных комбинациях стрелок (5, 6, 8, 9) определение режима торможения ОХ осуществляется с использованием двух указанных методов. При этом для комбинаций 5, 6 результаты одинаковы, а для 9-й они весьма близкие (см. табл. 3). В то же время при комбинации 8 первый метод устанавливает в 1-й паре отцепов минимальный интервал $\delta t_{12}^{\text{СТП}} = 1,015$ с, тогда как предложенный метод позволяет увеличить этот интервал до 4,364 с.

Таблица 4

**Результаты оптимизации режима торможения управляемого отцепа в группе на горке,
на которой ВТП расположена до головной стрелки**

Комб	σ_1	σ_2	Метод	h' , м.э.н.в	h'' , м.э.н.в	δt_{12} , с	$\delta t_{12}^{\text{АОИ}}$, с	$\delta t_{12}^{\text{НОИ}}$, с	δt_{23} , с	$\delta t_{23}^{\text{АОИ}}$, с	$\delta t_{23}^{\text{НОИ}}$, с
1	1	1	1	1,295	0	3,098	2,252	—	3,098	4,439	—
			2	1,295	0-1,246	3,098	2,252	—	3,098	4,439	—
2	1	2	1	1,041	0	2,852	2,252	—	2,851	4,600	—
			2	1,041	0-1,453	2,852	2,252	—	2,851	4,600	—
3	1	5	1	1,213	0	3,012	2,252	—	3,012	4,494	0,752
			2	1,054	0	2,863	2,252	—	5,784	4,592	2,863
4	2	1	1	1,021	1,470	4,233	2,252	—	4,232	4,612	—
			2	1,021	0-1,470	4,233	2,252	—	4,232	4,612	—
5	2	2	1	0,948	0,018	3,696	2,252	—	3,698	4,653	—
			2	0,948	0,018	3,696	2,252	—	3,698	4,653	—
6	2	5	1	1,106	0	4,936	2,252	—	4,935	4,561	2,220
			2	0,969	0	3,849	2,252	—	7,073	4,641	3,833
7	5	1	1	0,720	1,298	5,089	2,252	1,028	5,083	4,772	—
			2	1,065	1,433	44,833	2,252	4,076	4,076	4,585	—
8	5	2	1	0,720	1,316	5,423	2,252	1,028	5,425	4,772	—
			2	0,991	1,454	29,042	2,252	3,315	3,319	4,629	—
9	5	5	1	1,180	0,109	2,973	2,252	5,404	2,977	4,515	1,168
			2	1,040	0,500	2,690	2,252	3,808	2,689	4,600	2,768

Таким образом, при комбинациях стрелок 2, 4, 5 интервалы на разделительных элементах не зависят от степени торможения управляемого отцепа на СТП, а при 1-й комбинации режим торможения вообще неопределенный. Это объясняется тем, что при этих комбинациях обе стрелки разделения группы расположены до СТП. Следует заметить, однако, что в этих случаях управляемый отцеп, как правило, входит в кортеж, включающий более 3-х оцепов, в кото-

ром имеют место вторичные разделения на стрелках пучков ($\sigma > 2$). В таких случаях указанные разделения и будут определять РТ данного отцепа. Если же в кортеже управляемого отцепа вторичные разделения отсутствуют, то его РТ может быть выбран с использованием дополнительных условий (например, по минимуму расхода энергии замедлителями).

На горках, на которых ВТП расположена до головной стрелки, число разделений на замед-

ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ

лителях возрастает более чем на 30 % (см. табл. 2), что усложняет процедуру выбора оптимального режима торможения управляемого отцепа в группе. Результаты оптимизации режимов торможения на данной горке приведены в табл. 4.

Как показывает анализ полученных результатов, на данной горке решение задачи оптимизации режима торможения управляемого отцепа в группе должно осуществляться при всех 9 комбинациях разделительных стрелок. При этом сложность решения возрастает с увеличением числа участвующих интервалов δt , особенно при разделении отцепов на пучковых стрелках, когда величина интервалов зависит от двух переменных h' , h'' .

Сравнение особенностей определения режима торможения на данной горке при двух рассматриваемых методах оптимизации было выполнено для комбинации 3, при которой $\sigma_1 = 1$, $\sigma_2 = 5$ (см. табл. 2, 4)

При такой комбинации разделительных стрелок 2-й отцеп проходит СТП уже после разделения с 1-м отцепом и поэтому наилучшим по условиям разделения 2-й пары отцепов является режим, при котором $h'' = 0$ (отсутствие торможения на СТП). Тогда задача определения режима торможения 2-го отцепа ОХ заключается в выборе такого значения h' , при котором обеспечиваются максимальные интерва-

лы между отцепами группы. Как видно из табл. 2, в данном случае в группе 5 интервалов; при этом интервал на ВТП в 1-й паре может не учитываться, т.к. он не зависит от режима торможения ОХ. Остальные 4 интервала, как было указано выше, изменяются определенным образом: интервал в 1-й паре на стрелке 1 возрастает с увеличением h' ; остальные 3 интервала во 2-й паре (на ВТП, на СТП и на стрелке 5), соответственно, уменьшаются (см. рис. 2). Тогда, если использовать первый метод, в котором учитываются интервалы только на стрелках, то оптимальное значение $h' = 1,213$ м.э.н.в., а $\delta t_{12}^1 = \delta t_{23}^5 = 3,01$ с (см. рис. 2); при этом интервал на СТП составляет всего $\delta t_{23}^{\text{СТП}} = 0,75$ с, что может стать причиной нагона отцепов даже при незначительной погрешности реализации установленного режима.

В то же время, при использовании предложенного метода, когда при оптимизации учитываются все 4 интервала, рациональное значение $h' = 1,055$ м.э.н.в. определяется из условия выравнивания интервалов δt_{12}^1 и $\delta t_{23}^{\text{СТП}}$ (см. рис. 2). При этом $\delta t_{12}^1 = 2,86$ с, что не намного меньше, чем в первом случае, но за счет этого $\delta t_{23}^{\text{СТП}}$ увеличивается до такого же значения, а δt_{23}^5 возрастает до 5,78 с.

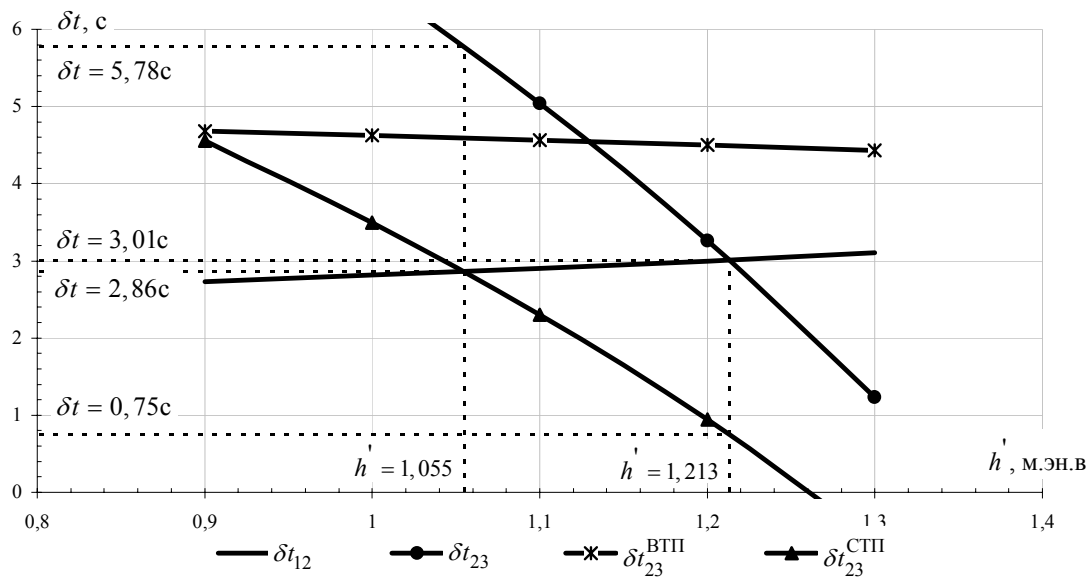


Рис. 2. Определение режима торможения отцепа в группе для комбинации 3

ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ

Следует заметить, что интервал на ВТП во второй паре не участвует в оптимизации, т.к. он не ограничивает РТ. Таким образом, данный пример подтверждает эффективность предложенного метода оптимизации режима торможения отцепов в группе.

Результаты

На основе выполненных исследований была формализована постановка рассматриваемой задачи оптимизации режима торможения управляемого отцепа в группе их трех отцепов. В данной постановке целевая функция Φ (1) представляет собой недифференцируемую функцию, составленную из гладких функций вида $\delta t_i = f(h', h'')$; при этом производные от Φ имеют разрывы в точках, в которых $\delta t_i = \delta t_j = \Phi, i \neq j$. Эта негладкая задача может быть преобразована в гладкую путем введения дополнительной переменной Z , имеющей смысл нижней границы для всех значений $\delta t_i, i = 1, \dots, n$, которые при этом переходят в ограничения ($\delta t_i \geq Z$). Тогда для определения оптимального режима торможения управляемого отцепа необходимо решить следующую задачу:

найти $\max Z$ при ограничениях

$$\delta t_i^{\sigma}(h'_2, h''_2) \geq Z, i = 1, \dots, n,$$

где n – общее число управляемых интервалов между отцепами группы, величина которых зависит от режима торможения среднего оцепы $\mathbf{H}_2 = (h'_2, h''_2)$.

Выводы

Таким образом, выполненные исследования показали, что при оптимизации режимов торможения группы отцепов необходимо обеспечить наилучшие условия разделения отцепов как на стрелочных переводах, так и на замедлителях тормозных позиций спускной части горки. Для обеспечения данного требования в статье формализована оптимизационная задача выбора режима торможения управляемого отцепа в группе, при котором наименьший из управляемых интервалов обращается в максимум.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Бобровский, В. И. Оптимизация режимов регулирования скорости отцепов при роспуске составов на горках / В. И. Бобровский, Н. В. Рогов // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Д. : ДНУЖТ, 2004. – Вип. 4. – С. 174–182.
2. Бобровский, В. И. Совершенствование методики оптимизации режимов расформирования составов на горках / В. И. Бобровский, А. В. Кудряшов // Транспортні системи та технології перевезень : зб. наук. праць Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Д. : ДНУЗТ, 2011. – Вип. 1. – С. 17–21.
3. Козаченко, Д. М. Ефективні режими гальмування відцепів на сортувальних гірках / Д. Н. Козаченко // Транспортні системи та технології перевезень : зб. наук. праць Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Д. : ДНУЗТ, 2011. – Вип. 2. – С. 55–59.
4. Козаченко, Д. М. Моделювання роботи сортувальної гірки в умовах невизначеності параметрів відцепів та характеристик навколишнього середовища / Д. М. Козаченко, М. І. Березовий, О. І. Таранець // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Д. : ДНУЗТ, 2007. – Вип. 16. – С. 73–76.
5. Козаченко, Д. Н. Исследование условий интервального регулирования скорости скатывания отцепов на автоматизированных горках / Д. Н. Козаченко // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Д. : ДНУЗТ, 2010. – Вип. 34. – С. 46–50.
6. Козаченко, Д. Н. Критерий оптимизации режимов торможения отцепов расчетной группы в условиях действия случайных факторов / Д. Н. Козаченко // Зб. наук. праць Донецького ін-ту залізн. трансп. укр. державної акад. залізн. трансп. – Дн. : Вид-во ДонІЗТ, 2010. – Вип. 23. – С. 14–21.
7. Оптимизация режимов торможения отцепов на сортировочных горках : монография / В. И. Бобровский, Д. Н. Козаченко, Н. П. Божко, Н. В. Рогов, Н. И. Березовый, А. В. Кудряшов. – Д. : Изд-во Маковецкий, 2010. – 260 с.
8. Jing ming, YAO. Study on Neural Network Based Space-interval Speed-control Model / YAO Jing ming, LI Xue ren, LIU Hu xing // China Railway Science. – 2001. – № 02. – P. 127–133.
9. Wan-an, XU. Calculating Exit Speed of Rolling Cuts Based on Fuzzy Neural Networks / XU Wan-an, SHI Xuan, LIN Tong-yuan // China Railway Science. – 2001. – №. 03 – P. 161–165.

В. І. БОБРОВСЬКИЙ¹, А. С. ДОРОШ^{2*}¹ Каф. «Станції та вузли», Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту ім. акад. В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, 49010, Дніпропетровськ, Україна, тел. +38(066) 444 63 95, ел. пошта bvi1973@yandex.ua;^{2*} Каф. «Станції та вузли», Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту ім. акад. В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, 49010, Дніпропетровськ, Україна, тел. +38(066) 927 84 62, ел. пошта dorosh_as@mail.ru

ОПТИМІЗАЦІЯ РЕЖИМІВ ГАЛЬМУВАННЯ ВІДЧЕПІВ РОЗРАХУНКОВОЇ ГРУПИ СОСТАВА

Мета. Удосконалення методу визначення режиму гальмування керованого відчепа розрахункової групи з метою підвищення якості інтервального регулювання швидкості відчепів состава на автоматизованій сортувальній гірці. **Методика.** Для проведення досліджень процесу розформування составів на сортувальній гірці було використано метод імітаційного моделювання. **Результати.** Виконано дослідження умов розділення відчепів розрахункової групи і їх зв'язку з режимами гальмування керованого відчепа на основі системного підходу. При цьому розглядалися інтервали між відчепами розрахункової групи одночасно і на стрілках, і на уповільнювачах спускної частини гірки. Відмічено особливості інтервального регулювання на сортувальних гірках з різним взаємним розташуванням головної стрілки і верхньої гальмівної позиції. **Наукова новизна.** Встановлено, що при оптимізації режимів гальмування групи відчепів необхідно забезпечити найкращі умови поділу відчепів на стрілочних переводах і на сповільнювачах гальмівних позицій спускної частини гірки. **Практична значимість.** Формально оптимізоване завдання вибору режиму гальмування керованого відчепа в групі, при якому найменший з інтервалів звертається в максимум.

Ключові слова: сортувальна гірка; відцеп; режим гальмування; інтервал; гальмівна позиція

V. I. BOBROVSKIY¹, A. S. DOROSH^{2*}¹ Department of Stations and Junctions, The Dnepropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan, Lazaryan Str., 2, 49010, Dnepropetrovsk, Ukraine, tel. +38 (066) 444 63 95, e-mail bvi1973@yandex.ua;^{2*} Department of Stations and Junctions, The Dnepropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan, Lazaryan Str., 2, 49010, Dnepropetrovsk, Ukraine, tel. +38 (066) 927 84 62, e-mail dorosh_as@mail.ru

THE OPTIMIZATION OF RETARDING REGIMES WITHIN THE PARTICULAR GROUP OF CUTS

Purpose. The purpose is the improvement of the method of choosing the retarding regimes of cut rolling within the particular group in order to increase the quality of interval speed control of cuts at the automated hump. **Methodology.** Simulation method was used for research the trains' breaking up process at the hump. **Findings.** The separation conditions of cuts within the particular group and their relation between the retarding regimes of cut control based on a system approach were studied. Interval between cuts within the particular group at the switches and retarders were considered simultaneously. The features of interval controlling at the classification humps with different mutual alignment of the first switch and master retarder were stressed. **Originality.** The researches found out that during optimization of the retarding regimes of cuts within the particular group one should provide the best conditions of cuts separation at the switches and retarders. **Practical value.** The problem of choosing the retarding regimes of cuts within the particular group is optimized formally. This retarding regime allows maximizing the minimum value of interval between cuts within the group.

Keywords: hump; cut; retarding regime; interval; retarder

REFERENCES

1. Bobrovskiy V.I., Rogov N.V. Optimizatsiya rezhimov regulirovaniya skorosti ottsepov pri rospuske sostavov na gorkakh [Optimization of speed control modes of cuts during the train breaking-up on the hump]. *Visnyk Dnipropetrovskoho natsionalnoho universytetu zaliznychnoho transportu imeni akademika V. Lazariana* [Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan], 2004, no. 4, pp. 174-182.
2. Bobrovskiy V.I., Kudryashov A.V. Sovershenstvovaniye metodiki optimizatsii rezhimov rasformirovaniya sostavov na gorkakh [The improvement of optimization method of trains breaking-up modes on the hump]. *Zbirnyk naukovykh prats Dnipropetrovskoho natsionalnoho universytetu zaliznychnoho transportu imeni akademika V. Lazariana «Transportni systemy ta tekhnologii perevezen»* [Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan], 2011, no. 1, pp. 17-21.
3. Kozachenko D.M. Efektyvni rezhymy halmuvannia vidchepiv na sortuvalnykh hirkakh [The efficient braking modes of cuts on the hump]. *Zbirnyk naukovykh prats Dnipropetrovskoho natsionalnoho universytetu zaliznychnoho transportu imeni akademika V. Lazariana «Transportni systemy ta tekhnologii perevezen»* [Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan], 2011, no. 2, pp. 55-59.
4. Kozachenko D. M., Berezovyi M. I., Taranets O. I. Modeliuvannia roboty sortuvalnoi hirkyy v umovakh nevyznachenosti parametriv vidchepiv ta kharakterystyk navkolyshnoho seredovyscha [The hump functioning simulation under undefined cut parameters and environmental conditions]. *Visnyk Dnipropetrovskoho natsionalnoho universytetu zaliznychnoho transportu imeni akademika V. Lazariana* [Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan], 2007, no. 16, pp. 73-76.
5. Kozachenko D.N. Issledovaniye usloviy intervalnogo regulirovaniya skorosti skatyvaniya ottsepov na avtomatizirovannykh gorkakh [The researching of conditions of interval speed controlling of cut rolling down process on the automated humps]. *Visnyk Dnipropetrovskoho natsionalnoho universytetu zaliznychnoho transportu imeni akademika V. Lazariana* [Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan], 2010, no. 34, pp. 46-50.
6. Kozachenko D. N. Kriteriy optimizatsii rezhimov tormozheniya ottsepov raschetnoy gruppy v usloviyakh deystviya sluchaynykh faktorov [The optimization criteria of braking modes of cuts of design group under conditions of random factors effecting]. *Zbirnyk naukovykh prats Donetskoho instytutu zaliznychnoho transportu ukrainskoi derzhavnoi akademii zaliznychnoho transportu* [Bulletin of Donetsk Railway Transport Institute of Ukrainian State Academy of Railway Transport], 2010, no. 23, pp. 14-21.
7. Bobrovskiy V.I., Kozachenko D.N., Bozhko N.P., Rogov N.V., Berezovyy N.I., Kudryashov A.V. Optimizatsiya rezhimov tormozheniya ottsepov na sortirovochnykh gorkakh [The optimization of cuts' braking modes on the humps]. Dnepropetrovsk, Makovetskiy Publ., 2010. 260 p.
8. Jing ming YAO, Xue ren LI, Hu xing LIU. Study on Neural Network Based Space-interval Speed-control Model. *China Railway Science*, 2001, no. 02, pp. 127-133.
9. Wan-an XU, Xuan SHI, Tong-yuan LIN. Calculating Exit Speed of Rolling Cuts Based on Fuzzy Neural Networks. *China Railway Science*, 2001, no. 03, pp. 161-165.

Статья рекомендована к публикации д.т.н., доц. Д. Н. Козаченко (Украина); д.т.н. Т. В. Бутько (Украина)

Поступила в редколлегию 12.12.2012

Принята к печати 22.02.2013

УДК 629.424.3:621.436:004.58

Б. Є. БОДНАР¹, О. Б. ОЧКАСОВ¹, Д. В. ЧЕРНЯЄВ^{1*}

^{1*} Каф. «Локомотиви», Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка
В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, 49010, Дніпропетровськ, Україна, тел. +38 (067) 757 42 07, ел. пошта augen3@yandex.ru

ВИЗНАЧЕННЯ МЕТОДУ ФІЛЬТРАЦІЇ СИГНАЛУ НЕРІВНОМІРНОСТІ ЧАСТОТИ ОБЕРТАННЯ КОЛІНЧАСТОГО ВАЛА ДИЗЕЛЯ

Мета. Визначення методики обробки сигналу нерівномірності кутової швидкості колінчастого валу тепловозного дизеля для вивільнення корисного сигналу від шумів. **Методика.** Однією з реалізацій стратегії розробки та впровадження систем нерозбірного діагностування тепловозних двигунів у процесі експлуатації є метод нерозбірного діагностування та контролю технічного стану тепловозного дизеля за нерівномірністю частоти обертання колінчастого валу. Проаналізовано недоліки методу усереднення даних і запропоновано методику оцінки невідтворності робочих циклів дизеля. **Результати.** Отримання сигналу нерівномірності частоти обертання виконується за допомогою датчика кутової швидкості, в якості якого використовується інкрементальний енкодер. Наведено структурну схему пристрою та параметри отриманого сигналу. Наведено типові графічні інтерпретації сигналу кутової швидкості. Запропоновано використання КІХ-фільтру та визначено його параметри. Виконано аналіз спектрограм сигналів на обох режимах вимірювання сигналу частоти обертання та обрано частоти зрізу фільтра. Наведено рішення проблеми фазового зсуву результату фільтрації. **Наукова новизна.** Обґрунтовано важливість виконання цифрової фільтрації. Розроблено підхід, що дозволяє використовувати показник невідтворності циклів як додатковий показник сталої роботи дизеля. **Практична значимість.** Вирішення задачі обробки сигналу дозволяє отримати корисний сигнал без врахування шумового впливу, що спотворює відображення дійсної картини фізичного процесу.

Ключові слова: нерівномірність частоти обертання; нерозбірне діагностування дизеля; цифрова фільтрація сигналу; спектральний аналіз; фазовий зсув

Вступ

У теперішній час є гостра потреба автоматизації процесів технічного обслуговування тягового рухомого складу, що дозволить зменшити час перебування локомотивів у ремонті, а у перспективі – перейти від планово-попереджувальної системи обслуговування до обслуговування за фактичним технічним станом. Оптимальним варіантом автоматизації технічного обслуговування є нерозбірне діагностування під час експлуатації.

Останніми роками у діагностуванні тягового рухомого складу все більш актуальною стає стратегія розробки та впровадження систем нерозбірного діагностування тепловозних двигунів у процесі експлуатації. Однією з реалізацій цієї стратегії є метод нерозбірного діагностування та контролю технічного стану тепловозного дизеля за нерівномірністю частоти обертання колінчастого валу. Відомо, що кутова швидкість колінчастого валу дизеля в межах робочого циклу не постійна, на її коливання мають вплив абсолютне значення та форма обертового моменту від кожного циліндра [1, 2, 7-9]. Суть

цього методу полягає в вимірюванні кутової швидкості колінчастого валу дизеля з великою роздільною здатністю та визначенні характерних показників, що свідчать про якість робочого процесу у циліндрах та технічний стан дизеля в цілому.

Мета роботи

Необхідно визначити методику обробки сигналу нерівномірності кутової швидкості колінчастого валу тепловозного дизеля для виділення корисного сигналу від шумів та зробити його зручним для розрахунку прискорення кутової швидкості та визначення значень діагностичних показників. А також розглянути додаткові можливості обробки сигналу.

Отримання сигналу нерівномірності кутової швидкості валу дизеля

Сигнал нерівномірності кутової швидкості отримується за допомогою пристрою реєстрування (рис. 1), що складається з датчика (ін-

ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ

крементальний оптичний енкодер) та пристрою перетворення сигналу, який реалізовано на базі мікропроцесорного таймера-лічильника. Датчик встановлено на торцевій частині колінчастого валу дизеля Д 50 з боку генератора або приводу масляного насоса.

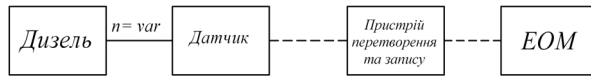


Рис. 1. Структура пристрою реєстрування

На ЕОМ сигнал поступає у вигляді матриці-вектора $[1 \times 1250]$ значень частоти обертання вала дизеля за два оберти через кутові інтервали $0,576^\circ$. Внаслідок неабсолютної жорсткості механічної системи дизеля, а також зв'язку вала з датчиком, сигнал має високочастотний шумовий вплив, що заважає точному визначенню характерних точок (екстремумів) графіку.

Експериментальні дослідження передбачається виконувати у наступних режимах:

- провертання колінчастого вала без подачі палива $n \approx 130$ об/хв (рис. 2);
- режим холостого ходу дизеля $n \approx 350$ об/хв (рис. 3).

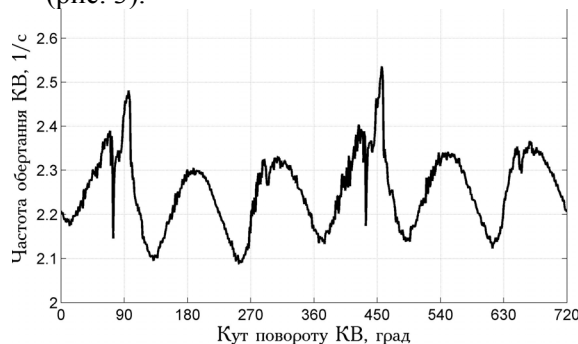


Рис. 2. Сигнал кутової швидкості колінчастого вала дизеля у режимі провертання

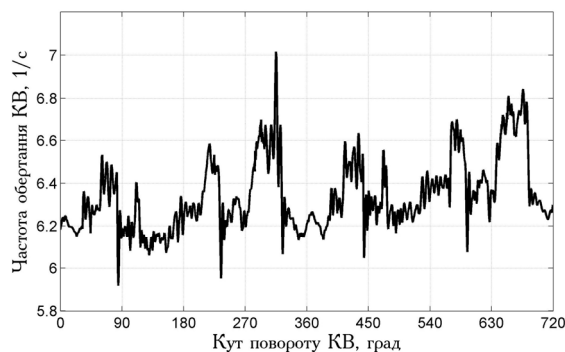


Рис. 3. Сигнал кутової швидкості колінчастого вала дизеля Д 50 у режимі холостого ходу

Визначення частоти зрізу цифрової фільтрації сигналу

Оскільки сигнал нерівномірності має жорсткий фазовий зв'язок з процесами, що протікають у дизелі і відображаються на амплітуді сигналу, то для його фільтрації необхідно застосувати такий фільтр, що не створює фазового зсуву в обробленому сигналі. Крім того, потреби отримання за даними кутової швидкості значень кутового прискорення вала та визначення характерних несправностей КШМ висувають суперечні вимоги щодо ступеня фільтрації. Так, для розрахунку кутового прискорення необхідно мати сигнал кутової швидкості з мінімальною складовою високо- та середньочастотних шумів. Задоволення цієї вимоги зводиться до задачі конструювання цифрового фільтру високого порядку з вузькою полосою пропускання. Полоса пропускання, або частота зрізу визначається за результатами аналізу спектральної щільності сигналу кутової швидкості (рис. 4). Розрахунок спектрограм виконувався у програмному пакеті MATLAB 7.12.0 (R2011a) за методом Томсона, який ґрунтується на використанні витягнутих сфероїдальних функцій. Ці функції кінцевої довжини забезпечують максимальну концентрацію енергії в заданій полосі частот [4, 6]. Аналіз отриманої спектрограми сигналу нерівномірності у режимі холостого ходу (див. рис. 4) показав, що максимальне значення щільності амплітуд сигналу спостерігається у діапазоні $0 \dots 0,018$ значень нормалізованої частоти. Отже приймаємо значення частоти зрізу $0,018$.

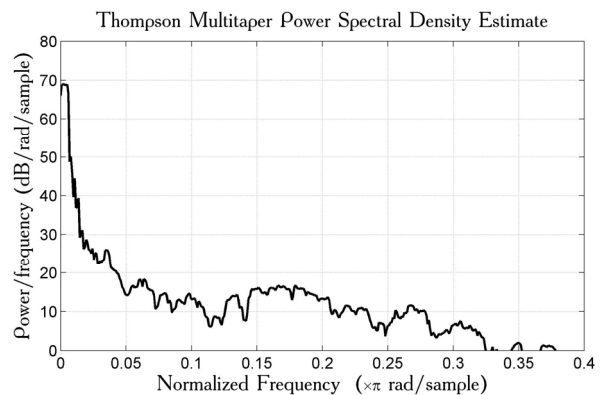


Рис. 4. Спектрограма сигналу кутової швидкості дизеля Д50 у режимі холостого ходу

ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ

Аналіз спектрограми сигналу нерівномірності у режимі провороту (рис. 5) показав, що максимальне значення щільності амплітуд сигналу спостерігається у діапазоні 0...0,02 значень нормалізованої частоти.

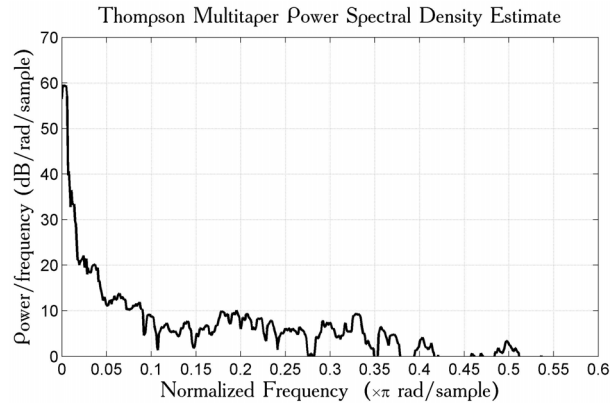


Рис. 5. Спектрограма сигналу кутової швидкості дизеля Д 50 у режимі провертання

Але у діапазоні 0,02...0,05 значення щільності залишається досить великим. Це відображає коливання графіка кутової швидкості, викликані інерційною несталістю КШМ.

Розробка цифрового фільтра

Як видно зі спектрограм (рис. 2, 3) щільність амплітуди корисного сигналу знаходиться суто у зоні низьких частот, тому для відокремлення його від шумів пропонується використати фільтр високих частот. Фільтрацію даних реалізовано у пакеті MATLAB 7.12.0 (R2011a) за допомогою фільтра високих частот з кінцевою імпульсною характеристикою (КІХ-фільтр), який складається з 90 ланок (рис. 6). Математично робота фільтра виглядає наступним чином:

$$y(x) = b_0 + b_1 x^{-1} + \dots + b_m x^{-m}, \quad (3.1)$$

де x – значення ряду даних, що підлягають фільтруванню;

$y(x)$ – значення ряду відфільтрованих даних;

b – коефіцієнти фільтру;

m – ступінь фільтрації.

Оскільки сигнал має кінцеву довжину, то при його обробці з'являються кінцеві ефекти, що спотворюють сигнал на початку кутового діапазону та наприкінці. Тому фільтрування

виконується з використанням вікна Кайзера зі значенням $\beta = 0,8$.

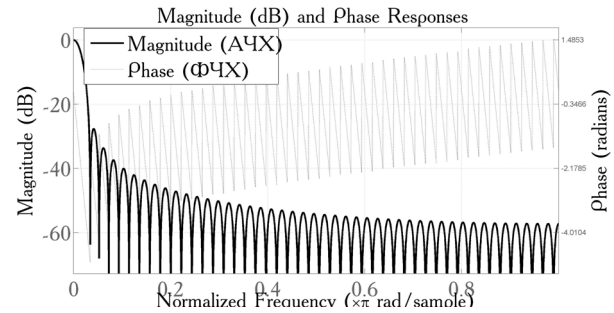


Рис. 6. АЧХ та ФЧХ КІХ-фільтру

При використанні КІХ-фільтрів такого високого порядку спостерігається значний фазовий зсув (рис. 7), що ускладнює подальшу обробку сигналу.

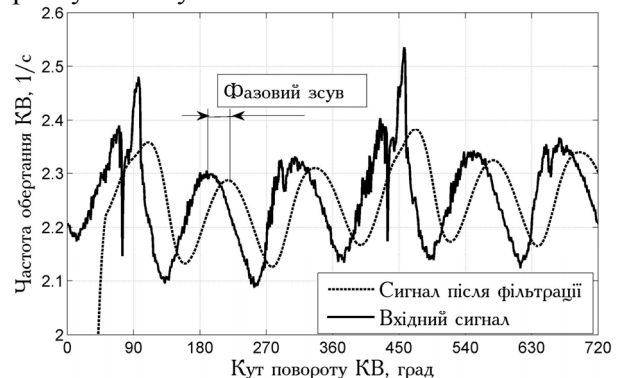


Рис. 7. Результат виконання фільтрації сигналу з отриманням фазового зсуву

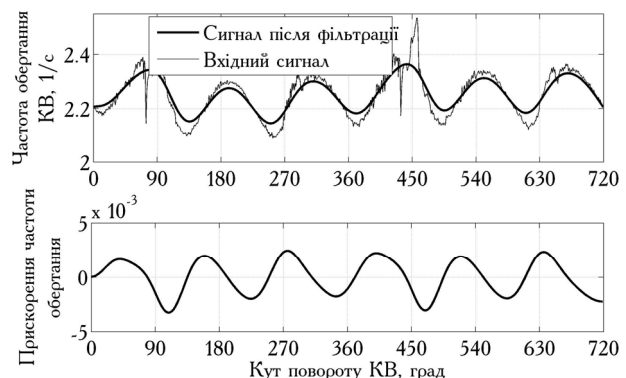


Рис. 8. Результат виконання фільтрації сигналу частоти обертання ω з компенсацією фазового зсуву та побудова графіку прискорення частоти обертання

Для усунення цього ефекту фільтрація виконувалась двічі: спочатку у прямому напрямку, а потім – у зворотному. Це дозволило абсолютно компенсувати зсув (рис. 8), а якісна фільтрація

ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ

шумового впливу дозволила шляхом диференціювання побудувати адекватну графічну залежність прискорення частоти обертання.

Огляд можливості додаткової обробки сигналу

В якості додаткового методу обробки сигналу в роботах [3, 5], де вирішувалася подібна задача, для збільшення достовірності даних та зменшення шумового впливу пропонувалось використовувати усереднення сигналів послідовних циклів у кількості від 30 до 100.

Зважаючи на те, що при різних значеннях частоти обертання валу необхідний час для вимірювання 30 робочих циклів також буде змінюватись (рис. 9).

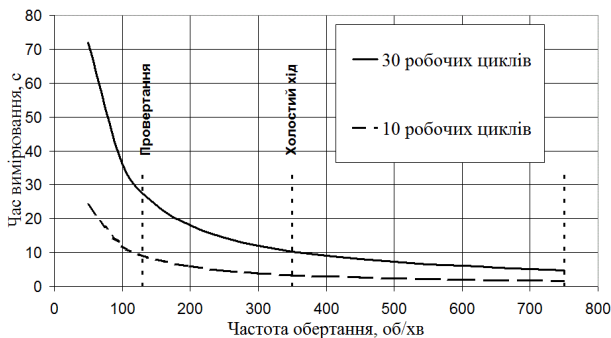


Рис. 9. Графічна залежність часу вимірювання частоти обертання 10 та 30 послідовних робочих циклів від швидкісного режиму для дизеля Д 50

Графічна залежність, побудована для робочих обертів дизеля Д 50 показує, що при виконанні діагностування на режимі, близькому до номінального, час вимірювання 30 робочих циклів не перевищує 5 секунд. На середніх обертах від 5 до 10 секунд. А на режимі холостого ходу цей час складає 10 секунд. При вимірюванні у режимі провороту від штатного пускового пристрою частота обертання досягає 130 обор./хв., а час вимірювання – 24 секунди. З точки зору зменшення навантаження на акумуляторній батареї при провертанні вала дизеля слід розглянути можливість зменшення часу вимірювання у цьому режимі.

Зрозуміло, що результатом процедури усереднення є деякий середній робочий цикл, що відповідає реальним циклам з деяким ступенем імовірності. Тому пропонується розглядати не усереднений цикл, а окремі робочі цикли, що дає можливість спостерігати ступінь ідентич-

ності циклів. Такий підхід дозволяє запропонувати використання показника невідтворності циклів, що характеризує ступінь різниці між послідовними робочими циклами у окремому циліндрі та дозволяє оцінити насамперед стабільність роботи паливної апаратури.

Висновки

Задача обробки сигналу має велике значення, оскільки дозволяє отримати корисний сигнал без врахування шумового впливу, що спотворює відображення дійсної картини фізичного процесу.

За результатами даної роботи проаналізовано частотний спектр сигналу нерівномірності частоти обертання валу дизеля, визначено тип фільтру та розроблено його параметри. Отриманий фільтрований сигнал цілком підходить для визначення значень характерних точок графіку нерівномірності частоти обертання та побудови графіку прискорення. Також розроблено підхід, що дозволяє використовувати показник невідтворності циклів як додатковий показник сталої роботи дизеля.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Боднар, Б. Є. Методи нерозбірного діагностування дизелів при експлуатації рухомого складу / Б. Є. Боднар, О. Б. Очкасов, Д. В. Черняєв, О. Я. Децюра // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Д. : ДНУЗТ, 2012. – Вип. 41. – С. 63–67.
2. Боднар, Б. Є. Моделювання нерівномірності обертання колінчатого валу дизеля / Б. Є. Боднар, О. Б. Очкасов, Д. В. Черняєв, О. Я. Децюра // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Д. : ДНУЗТ., 2010. – Вип. 31. – С. 18–25.
3. Борщенко, Я. А. Разработка метода диагностирования автомобильных дизелей по неравномерности вращения коленчатого вала : дис. ... канд. тех. наук : 05.22.10 / Борщенко Ярослав Анатольевич ; Курганский гос. ун-т. – Тюмень, 2003. – 189 с.
4. Лазарев, Ю. Ф. Моделирование процессов и систем в MATLAB : учебный курс / Ю. Ф. Лазарев. – СПб. : Питер ; Киев : Изд. группа BHV, 2005. – 512 с.
5. Марченко, Б. Г. Теория диагностики энергоагрегатов по девиации вращающихся узлов и ее практическая реализация на дизель-

ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ

- электрических генераторах. Часть 4. Экспериментальная проверка методики диагностики цилиндро-поршневой группы дизель-электрического генератора / Б. Г. Марченко, М. В. Мыслович // Техническая электродинамика. – 1999. – № 4. – С. 40–45.
6. Сергиенко, А. Б. Цифровая обработка сигналов : учеб. пособие для вузов / А. Б. Сергиенко. – СПб. : Питер, 2007. – С. 751.
7. Challen, B. Diesel Engine Reference Book, 2nd edition / B. Challen, R. Baranescu. – Butterworth-Heinemann, 1999. – 682 с.
8. Gawande, S. H. Cylinder Imbalance Detection of Six Cylinder DI Diesel Engine Using Pressure Variation / S. H. Gawande, L. G. Navale, M. R. Nandgaonkar, D. S. Butala, S. Kunamalla, // International Journal of Engineering Science and Technology. – 2010. – V. 2(3). – P. 433–441.
9. Gawande, S. H. Harmonic Frequency Analysis of Multi-Cylinder Inline Diesel Engine Genset for Detecting Imbalance / S. H. Gawande, L. G. Navale, M. R. Nandgaonkar, D. S. Butala // International Review of Mechanical Engineering, (I.R.E.M.E.). – 2009. – V. 3. – № 6. – P. 782–787.

Б. Е. БОДНАРЬ¹, А. Б. ОЧКАСОВ¹, Д. В. ЧЕРНЯЕВ^{1*}

^{1*} Каф. «Локомотиви», Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, 49010, Днепропетровск, Украина, тел. +38 (067)757 42 07, эл. почта augen3@yandex.ru

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТОДА ФИЛЬТРАЦИИ СИГНАЛА НЕРАВНОМЕРНОСТИ ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ КОЛЕНЧАТОГО ВАЛА ДИЗЕЛЯ

Цель. Определение методики обработки сигнала неравномерности угловой скорости коленчатого вала тепловозного дизеля для отделения полезного сигнала от шумов. **Методика.** Одной из реализаций стратегии разработки и внедрения систем неразборного диагностирования тепловозных двигателей в процессе эксплуатации является метод неразборного диагностирования и контроля технического состояния тепловозного дизеля по неравномерности частоты вращения коленчатого вала. Проанализированы недостатки метода усреднения данных и предложена методика оценки невоспроизводимости рабочих циклов дизеля. **Результаты.** Получение сигнала неравномерности частоты вращения осуществляется с помощью датчика угловой скорости, в качестве которого используется инкрементальный энкодер. Приведена структурная схема устройства и параметры полученного сигнала. Приведены типовые графические интерпретации сигнала угловой скорости. Предложено использование КИХ-фильтра и определены его параметры. **Научная новизна.** Выполнен анализ спектрограмм сигналов на обоих режимах измерения сигнала частоты вращения и выбраны частоты среза фильтра. Приведено решение проблемы фазового сдвига результатов фильтрации. **Практическая значимость.** Обоснована важность выполнения цифровой фильтрации. Разработан подход, который позволяет использовать показатель невоспроизводимости циклов как дополнительный показатель работы дизеля.

Ключевые слова: неравномерность частоты вращения; неразборное диагностирование дизеля; цифровая фильтрация сигнала; спектральный анализ; фазовое смещение

В. Ye. BODNAR¹, O. B. OCHKASOV¹, D. Ch. CHERNYAYEV^{1*}

^{1*} Department of “Lokomotives”, The Dnepropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan, Lazaryan Str., 2, 49010, Dnepropetrovsk, Ukraine, tel. +38 (067) 757 42 07, e-mail augen3@yandex.ru

DEFINITION OF METHOD SIGNAL FILTERING IRREGULARITY CRANKSHAFT SPEED OF DIESEL

Purpose. Determination of signal processing techniques uneven angular velocity of the crankshaft of diesel locomotive for the release of the signal from the noise. **Methodology.** One of the implementations of strategy development and implementation of folding diagnosing diesel engines in service is a method of folding diagnostics and

ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ

condition monitoring of diesel locomotive for uneven speed of the crankshaft. The disadvantages of the method of averaging the data and the technique of non-repeatable evaluation cycles diesel are analyzed. **Findings.** Signal receiving of uneven speed is achieved by using angular velocity sensor, which is used as an incremental encoder. The block diagram of the device and the parameters of the received signal have been shown. Typical graphic interpretations of the angular velocity signal are presented. Using of FIR filter was proposed and its parameters were dimensioned. **Originality.** The analysis of the spectrograms of the signals in both measurement modes speed signal was carried out and the filter cut-off frequency was selected. The solution of the problem of the phase shift filtering results is presented. **Practical value.** The importance of the digital filter is substantiated. The approach, which allows the use of non-repeatable indicator cycles as an additional indicator of the diesel engine is developed.

Keywords: uneven speed; folding diesel diagnostics; digital filtration signal spectral analysis; phase shift

REFERENCES

1. Bodnar B.Ye., Ochkasov O.B., Chernyayev D.V., Detsiura O.Ya. *Metody nerozbiroho diagnostuvannya dyzeliv pry ekspluatatsii rukhomoho skladu* [Methods of molded diagnosis of diesel engines in the operation of 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], 2012, issue 41, pp. 63-67.
2. Bodnar B.Ye., Ochkasov O.B., Chernyayev D.V., Detsiura O.Ya. *Modeliuvannya nerivnomirnosti obertannia kolinchatoho valu dyzelia* [Modeling irregularity of the crankshaft of diesel]. *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 31, pp. 18-25.
3. Borshchenko Ya. A. *Razrabotka metoda diagnostirovaniya avtomobilnykh dizeley po neravnomernosti vrashcheniya kolenchatogo vala*. Kand. Diss. [Development of a diagnosis automobile diesels method on the uneven rotation of the crankshaft. Cand. Diss.]. Tumen, 2003. 189 p.
4. Lazarev Yu.F. *Modelirovaniye protsessov i sistem v MATLAB* [Modeling of processes and systems in MATLAB]. Saint Petersburg, Piter Publ., 2005. 512 p.
5. Marchenko B.G., Myslovich M.V. *Teoriya diagnostiki energoagregatov po devyatsii vrashchayushchikhsya uzlov i yeye prakticheskaya realizatsiya na dizel-elektricheskikh generatorakh. Chast 4. Eksperimentalnaya proverka metodiki diagnostiki tsilindro-porshnevoy gruppy dizel-elektricheskogo generatora* [The theory of power units to diagnose deviations rotating parts and the practical implementation of the diesel and electric generators. Part 4. Experimental verification of the diagnostic techniques of cylinder and piston group of diesel and an electric generator]. *Tekhnicheskaya elektrodinamika – Technical electrodynamics*, 1999, no. 4, pp. 40-45.
6. Sergiyenko A.B. *Tsifrovaya obrabotka signalov* [Digital signal processing]. Saint Petersburg, Piter Publ., 2007. 751 p.
7. Challen B., Baranescu R. *Diesel Engine Reference Book*, 2nd edition. Butterworth-Heinemann, 1999. 682 p.
8. Gawande S.H., Navale L.G., Nandgaonkar M.R., Butala D.S., Kunamalla S. Cylinder Imbalance Detection of Six Cylinder DI Diesel Engine Using Pressure Variation. *International Journal of Engineering Science and Technology*, 2010, vol. 2 (3), pp. 433-441.
9. Gawande S.H., Navale L.G., Nandgaonkar M.R., Butala D.S. Harmonic Frequency Analysis of Multi-Cylinder Inline Diesel Engine Genset for Detecting Imbalance. *International Review of Mechanical Engineering (I.R.E.M.E.)*, 2009, vol. 3, no. 6, pp. 782-787.

Стаття рекомендована до публікації д.т.н., проф. Е. Д. Тартаковським (Україна); д.т.н., проф. М. І. Каницею (Україна)

Поступила в редколегію 07.11.2012

Принята к печати 21.02.2013

ЕЛЕКТРИЧНИЙ ТРАНСПОРТ

УДК 629.423.1:621.333–047.58

Т. М. МІЩЕНКО^{1*}

^{1*}Каф. «Електропостачання залізниць», Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, 49010, Дніпропетровськ, Україна, тел. +38 (097) 485 68 21, ел. пошта mishchenko_tn@ukr.net

ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ТА МЕТОДИ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ПАРАМЕТРІВ ПРИСТРОЇВ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ТЯГИ. МЕТОД ЦИКЛІЧНОЇ ВОЛЬТ-АМПЕРНОЇ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Мета. Визначити особливості чисельних розрахунків математичної моделі з однією чи декількома циклічними вольт-амперними характеристиками (ВАХ). Це є актуальним, бо будь-який пристрій системи електричної тяги та і взагалі електрифікованої ділянки, як нелінійний пасивний або активний двополюсник, однозначно в даному режимі його роботи описується (характеризується) ВАХ, побудованою за заданими вхідними напругою та струмом. **Методика.** Задача розрахунку електромагнітних процесів в силових колах тягового електропостачання є імовірнісною задачею з розв'язанням нелінійних стохастичних диференціальних рівнянь, тому потребує розробки спеціального метода. Враховуючи складність розрахунків, їх доцільно здійснювати або з обходом графіка реальної ВАХ, або удаватися спершу до її еквівалентної наближеної заміни, наприклад, еліпсом. **Результати.** Чисельні розрахунки математичної моделі з однією чи декількома циклічними ВАХ можливо здійснювати або обходом «реальної» ВАХ, або удатися до «ідеалізації», тобто наближеної заміни реальної циклічної ВАХ. **Наукова новизна.** В роботі представлено динамічні ВАХ електровозів відповідно ДСЗ і 2ЕС5К при різних струмах їх навантаження. **Практична значимість.** Циклічна ВАХ може бути закономірно і однозначно використана в системі рівнянь електромагнітного стану при розрахунку перехідних режимів в системі тяги для найбільш «важкого та складного» (чи (та) найбільш «легкого») режиму.

Ключові слова: ідентифікація параметрів; електрифікована ділянка; моделювання; електромагнітні процеси; перехідні режими; електровоз; нелінійний, пасивний, активний двополюсник

Ця робота є продовженням досліджень [1, 2] по викладенню методів ідентифікації параметрів підсистем чи пристроїв систем електричної тяги і зокрема електрорухомого складу магістральних залізниць.

Вступ та передпосилки

Будь-який пристрій системи електричної тяги, та і взагалі електрифікованої ділянки, як нелінійний пасивний або активний двополюсник, однозначно в даному режимі його роботи описується (характеризується) вольт-амперною характеристикою (ВАХ), побудованою за заданими вхідни-

ми напругою та струмом. ВАХ може бути побудована за експериментально отриманими миттєвими величинами напруги $u(t)$ та струму $i(t)$ (динамічна ВАХ), для діючих значень $U(I)$, за середніми значеннями або для перших гармонік $U^{(1)}$ та $I^{(1)}$ [3]. Для аналізу процесів в перехідних режимах застосовується тільки динамічна ВАХ, тобто $u(i)$. Графічний вид цієї ВАХ залежить від характеру зміни $u(t)$ та $i(t)$. Якщо $u(t)$ та $i(t)$ несинусоїдні, але періодичні, мають місце наступні випадки [4, 5]:

ЕЛЕКТРИЧНИЙ ТРАНСПОРТ

а) напруга та струм співпадають за фазою, існує пряма пропорційність між ними у часі і, як результат, миттєвий повний опір $Z(t) = \frac{u(t)}{i(t)} = \text{const}$; в цьому випадку $u(i)$ – лінійна залежність (рис. 1). Зазначимо, що це характерно для лінійного пасивного двополюсника;

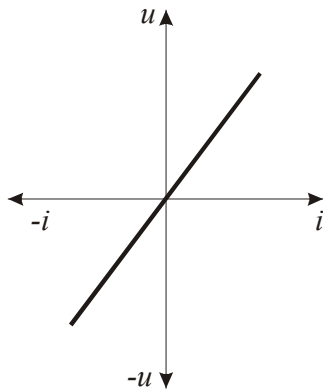


Рис. 1

б) $u(t)$ та $i(t)$ співпадають за фазою, але немає прямої пропорційності між ними, тобто $Z(t) \neq \text{const}$, однак і $u(t)$, і $i(t)$ однаково симетричні відносно вісі ординат; в цьому випадку ВАХ $u(i)$ – однозначна нелінійна залежність (рис. 2). Такі «властивості» $u(t)$, $i(t)$ та ВАХ характерні для нелінійного двополюсника;

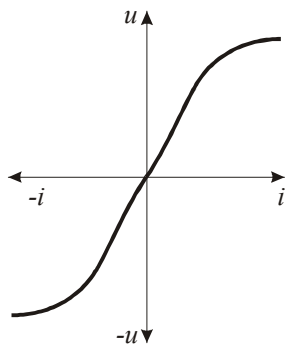


Рис. 2

в) те ж саме, що і випадку «б», але має місце симетрія $u(t)$ та $i(t)$ відносно початку координат, а не вісі ординат; в цьому випадку ВАХ представляє собою нелінійну неоднозначну петлюово-циклічну залежність (рис. 3);

г) і, насамкінець, найбільш загальний випадок: напруга та струм не співпадають за фазою, немає прямої пропорційності між ними, тобто

$$Z(t) = \frac{u(t)}{i(t)} \neq \text{const}, \text{ немає симетрії кривих } u(t)$$

та $i(t)$; в цьому випадку динамічна ВАХ представляє собою нелінійну неоднозначну циклічну залежність (рис. 4).

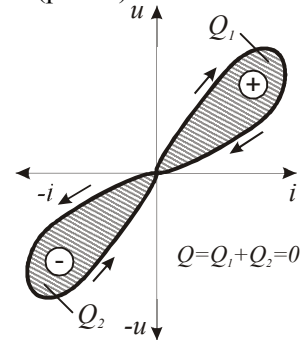


Рис. 3

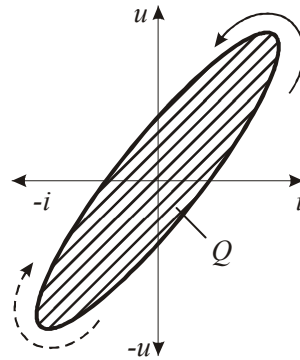


Рис. 4

Можливо довести, що реактивна потужність Q , що споживається (або генерується) двополюсником за період зміни $u(t)$ та $i(t)$, пропорційна площі, що описується циклічною ВАХ за період повторності. Це справедливо у випадку «г» (рис. 4) і не має місця у випадку «в» (рис. 3). Площа циклічної ВАХ (рис. 4), що описується переміщенням робочої точки за ходом годинникової стрілки, відповідає споживаній (додатній) двополюсником реактивній потужності, а площа, що описується переміщенням проти ходу годинникової стрілки, відповідає реактивній потужності двополюсника, що генерується (від'ємній). Отже, циклічна ВАХ може бути закономірно і однозначно бути використана в системі рівнянь електромагнітного стану при розрахунку перехідних режимів в системі тяги. Її неоднозначність для всіх режимів роботи може бути скомпенсована тим, що в розрахунках використовується ВАХ, яка отримана

ЕЛЕКТРИЧНИЙ ТРАНСПОРТ

експериментально для найбільш «важкого та складного» (чи (та) найбільш «легкого»), за $u(t)$ та $i(t)$, режиму.

Чисельні розрахунки математичної моделі з однією чи декількома циклічними ВАХ можливо здійснювати або обходом «реальної» ВАХ, або вдаватися до «ідеалізації», тобто наближеної заміни реальної циклічної ВАХ. Істотно, при ідеалізації ВАХ треба зберегти всі характерні основні риси процесу, що вивчається, виключивши, заради спрощення розрахунків, неістотні фактори. Наприклад, один із способів такої ідеалізації в задачах оцінки максимальних струмів в фідерах є нехтування гістерезисом в циклічній ВАХ, тобто перетворення її однозначною лінійною або нелінійною залежністю з наступною її апроксимацією ступеневим рядом. Істотно, що таку ідеалізацію ВАХ в задачах оцінки потужностей та втрат в елементах системи тяги проводити неможна.

Ще одним способом ідеалізації циклічної ВАХ є представлення її еквівалентним класичним еліпсом. Для цього, перш за все, необхідно вхідні до двополюсника напругу $u(t)$ та струм $i(t)$ замінити еквівалентними синусоїдами, користуючись відомим методом еквівалентних синусоїд [3, 6]. Далі, можна записати рівняння еліпса, еквівалентного «горизонтальній» циклічній ВАХ (рис. 5) як

$$\frac{y^2}{b^2} + \frac{x^2}{a^2} = \frac{u^2(t)}{b^2} + \frac{i^2(t)}{a^2} = 1 \quad (1)$$

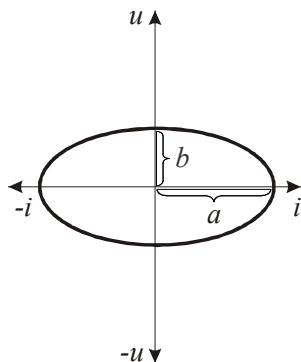


Рис. 5

Але реальні значення $u(t)$ та $i(t)$ такі, що циклічна ВАХ може зайняти будь-яке положення в системі координат $u-i$. Тому у подальшому потрібно трансформувати рівняння (1) в рівняння еліпса іншого виду. Потім з цього

рівняння отримати функцію $u(i)$ та використати в математичній моделі як характеристику двополюсника.

Математичне перетворення рівняння (1) еліпса вигляду рис. 5 в рівняння еліпса вигляду рис. 6 полягає в наступному.

Згідно з [7], маємо

$$\begin{aligned} x &= X \cos \alpha - Y \sin \alpha, \\ y &= X \sin \alpha + Y \cos \alpha, \end{aligned} \quad (2)$$

підставляємо (2) в рівняння (1), отримаємо

$$\frac{(X \sin \alpha + Y \cos \alpha)^2}{b^2} + \frac{(X \cos \alpha - Y \sin \alpha)^2}{a^2} = 1. \quad (3)$$

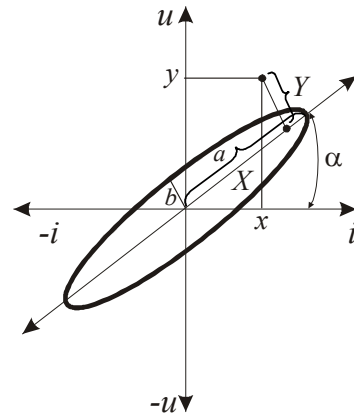


Рис. 6

Перетворимо (3) відносно Y , маємо:

$$Y = \frac{1}{2} \frac{-2b^2 X \cos \alpha \sin \alpha + 2a^2 X \cos \alpha \sin \alpha - \left[a^4 X^2 \cos^2 \alpha \sin^2 \alpha - 2a^2 X^2 \cos^2 \alpha \sin^2 \alpha b^2 + b^4 X^2 \cos^2 \alpha \sin^2 \alpha + b^4 \sin^2 \alpha a^2 - b^4 \sin^2 \alpha X^2 + b^4 \sin^4 \alpha X^2 - 2b^2 \sin^4 \alpha a^2 X^2 + a^4 b^2 - a^2 b^2 X^2 + 2a^2 b^2 X^2 \sin^2 \alpha - a^4 X^2 \sin^2 \alpha - a^4 \sin^2 \alpha b^2 + a^4 \sin^4 \alpha X^2 \right]}{-b^2 \sin^2 \alpha - a^2 + a^2 \sin^2 \alpha}. \quad (4)$$

ЕЛЕКТРИЧНИЙ ТРАНСПОРТ

Циклічні ВАХ електровозів

На рис. 7-10 представлено динамічні ВАХ електровозів відповідно ДС3 і 2ЕС5К, із яких випливає наступне.

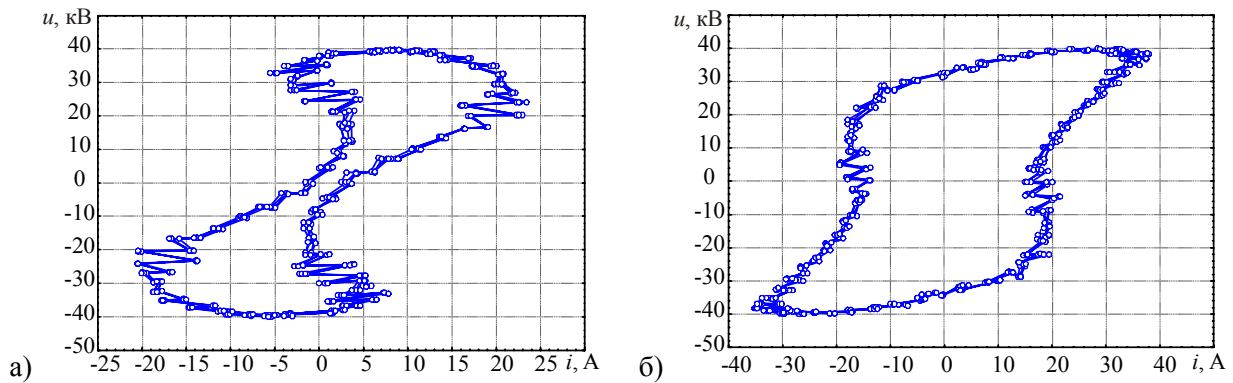


Рис. 7. Циклічні динамічні ВАХ електровоза ДС3 при струмі навантаження I (А): а) 10; б) 20

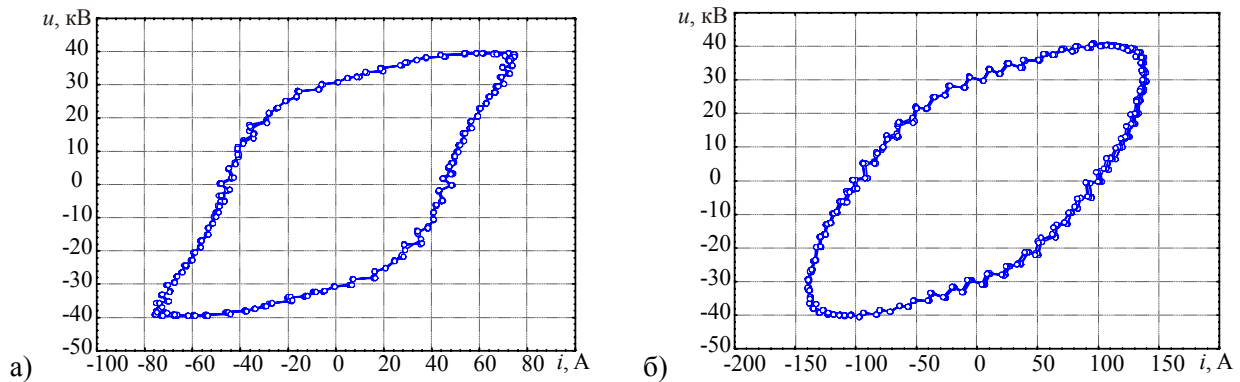


Рис. 8. Циклічні динамічні ВАХ електровоза ДС3 при струмі навантаження I (А): а) 50; б) 100

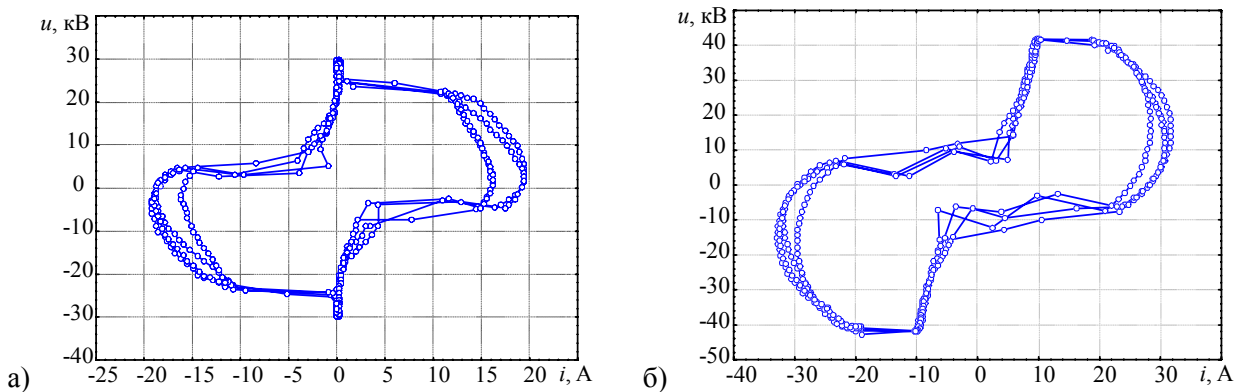


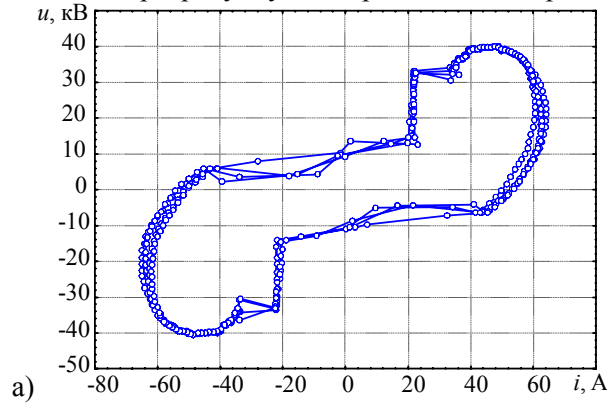
Рис. 9. Циклічні динамічні ВАХ електровоза 2ЕС5К при струмі навантаження I (А): а) 10; б) 20

По-перше, вони відповідають найбільш загальному випадку «г» і рис. 4, тобто, являються нелінійними неоднозначними. По-друге, ці ВАХ є циклічними і різними за формою при різних значеннях струму I електровоза, тобто залежать від електротягового навантаження. А оскільки тяговий струм електровоза є випадко-

вою величиною, то і ВАХ є випадковою за формою і значеннями на ній напруги u та струму i (рис. 7-10) в усьому діапазоні зміни струму навантаження I при веденні, особливо швидкісному [8, 9], поїзда на даній фідерній зоні. Отже, як і в попередніх методах [1, 2], і ця задача ідентифікації є імовірно-статистичною іденти-

ЕЛЕКТРИЧНИЙ ТРАНСПОРТ

фікацією. А враховуючи ще й те, що напруга і на струмоприймачі електровоза, і на тяговій підстанції, і в тяговій мережі є теж випадковою величиною (більш того, випадковим процесом), то задача розрахунку електромагнітних проце-



сів в силових колах тягового електропостачання є імовірнісною задачею з розв'язанням нелінійних стохастичних диференціальних рівнянь, а, отже, потребує розробки спеціального методу.

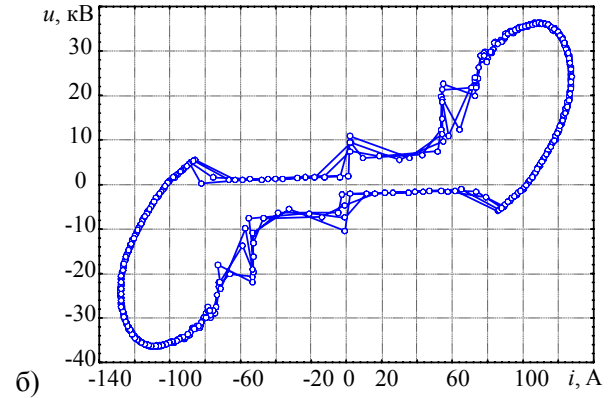


Рис. 10. Циклічні динамічні ВАХ електровоза 2EC5K при струмі навантаження I (А): а) 50; б) 100

Практичне застосування методу ВАХ

В якості прикладу застосування (поки що без чисельних розрахунків) методу ВАХ для аналізу процесів в системі електричної тяги розглянемо режим короткого замикання в тяговій мережі при одному поїзді (електровозі, ЕРС) на фідерній зоні (рис. 11), де R_T , L_T , R_p , L_p – активні опори і індуктивності відповідно тягової мережі і рельса.

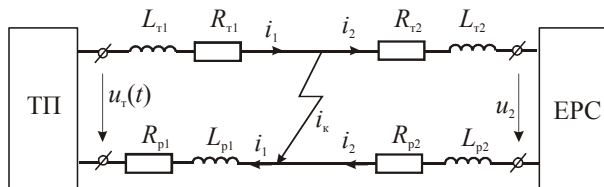


Рис. 11. Система електричної тяги в режимі короткого замикання

Математична модель системи тяги, згідно з рис. 11, являє собою систему рівнянь:

$$\begin{cases} R_{T1}i_1(t) + L_{T1} \frac{di_1}{dt} + R_{p1}i_1(t) + L_{p1} \frac{di_1}{dt} = u_T(t), \\ R_{T2}i_2(t) + L_{T2} \frac{di_2}{dt} + R_{p2}i_2(t) + L_{p2} \frac{di_2}{dt} + u_2(i_2) = 0, \\ i_1(t) - i_k(t) - i_2(t) = 0, \end{cases}$$

де $u_2(i_2)$ – циклічна ВАХ електровозу;
 $u_T(t)$ – напруга на тяговій підстанції (ТП).

Висновки

1. Метод циклічних ВАХ, як і інші методи ідентифікації, є імовірнісно-статистичним методом, який вимагає розробки, у свою чергу, імовірнісного методу розв'язання випадкових диференціальних рівнянь стану електротягового постачання.

2. Чисельні розрахунки математичних моделей з циклічними ВАХ доцільно здійснювати або обходом графіка реальної ВАХ, або удаватися спершу до її еквівалентної наближеної заміни, наприклад, еліпсом.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Міщенко, Т. М. Теоретичні аспекти та методи ідентифікації параметрів пристроїв системи електричної тяги. Метод миттєвих потужностей; паралельне з'єднання елементів / Т. М. Міщенко // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна – Д. : ДНУЗТ, 2012. – Вип. 41. – С. 86–91.
2. Міщенко, Т. М. Теоретичні аспекти та методи ідентифікації параметрів пристроїв системи електричної тяги. Метод миттєвих потужностей; послідовне з'єднання елементів / Т. М. Міщенко // Вісник ДНУЗТ Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна – Д. : ДНУЗТ, 2012. – Вип. 42. – С. 121–126.
3. Костін, М. О. Теоретичні основи електротехніки / М. О. Костін, О. Г. Шейкіна. – Д. : ДНУЗТ, 2011. – Т. 3. – 236 с.

ЕЛЕКТРИЧНИЙ ТРАНСПОРТ

4. Маевский, О. А. Энергетические показатели вентильных преобразователей / О. А. Маевский. – М. : Энергия, 1978. – 320 с.
5. Маевский, О. А. Методы определения реактивной мощности нелинейных электрических цепей с помощью их циклических вольт-амперных характеристик / О. А. Маевский // Вестник НТУ «ХПИ». – Х. : ХПИ, 1970. – № 45(93) : Преобразовательная техника. – Вып. 4. – С. 9–7.
6. Simonyi, K. Theoretische Elektrotechnik / K. Simonyi. – Berlin : VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften, 1964. – 773 p.
7. Привалов, И. И. Аналитическая геометрия / И. И. Привалов. – М. : Наука, 1966. – 2752 с.
8. Lingen, J. Strombelastbarkeit von Oberleitungen des Hochgeschwindigkeitsverkehrs / J. Lingen, P. Schmidt. // Elektrische Bahnen 94 (1996), ½ : P. 38–44.
9. Milz, K. Elektrifizierungssysteme für den Hochgeschwindigkeitsverkehr / K. Milz // Elektrische Bahnen. – 1991. – № 11. – P. 323–325.

Т. Н. МИЩЕНКО^{1*}

^{1*}Каф. «Электроснабжения железных дорог», Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, 49010, Днепропетровск, Украина, тел. +38 (097) 485 68 21, эл. почта mishchenko_tn@ukr.net

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ И МЕТОДЫ ИДЕНТИФИКАЦИИ ПАРАМЕТРОВ УСТРОЙСТВ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ТЯГИ. МЕТОД ЦИКЛИЧЕСКОЙ ВОЛЬТ-АМПЕРНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Цель. Определить особенности численных расчетов математической модели с одним или несколькими циклическими вольт-амперных характеристик (ВАХ). Это актуально, так как любое устройство системы электрической тяги, да и вообще электрифицированного участка, как нелинейный пассивный или активный двухполюсник, однозначно в данном режиме его работы описывается (характеризуется) вольт-амперной характеристикой (ВАХ), построенной по данным входных напряжений и тока. **Методика.** Задача расчета электромагнитных процессов в силовых цепях тягового электроснабжения является вероятностной задачей с решением нелинейных стохастических дифференциальных уравнений, потому нуждается в разработке специального метода. Учитывая сложность расчетов, их целесообразно осуществлять или с обходом графика реальной ВАХ, или прибегать сначала к ее эквивалентной приближенной замене, например, эллипсом. **Результаты.** Численные расчеты математической модели с одной или несколькими циклическими ВАХ осуществляют или обходом «реальной» ВАХ, или прибегают к «идеализации», то есть приближенной замене реальной циклической ВАХ. **Научная новизна.** В работе представлено динамические ВАХ электровазозов соответственно ДСЗ и 2ЭС5К при разных токах их нагрузки. **Практическая ценность.** Циклическая ВАХ может быть закономерно и однозначно использована в системе уравнений электромагнитного состояния при расчете переходных режимов в системе тяги для наиболее «тяжелого и сложного» (наиболее «легкого») режима.

Ключевые слова: идентификация параметров; электрифицированный участок; моделирование; электромагнитные процессы; переходные режимы; электровазоз; нелинейный, пассивный, активный двухполюсник

Т. М. MISHCHENKO^{1*}

^{1*}Department of Electric Power Supply of Railroads of Dnepropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan, Lazaryan Str., 2, Dnepropetrovsk, Ukraine, 49010, tel. +38 (097) 485 68 21, e-mail mishchenko_tn@ukr.net

THEORETICAL ASPECTS AND METHODS OF PARAMETERS IDENTIFICATION OF THE ELECTRIC TRACTION SYSTEM DEVICES. METHOD OF CYCLIC CURRENT-VOLTAGE CHARACTERISTICS

Purpose. To define the characteristics of numerical calculations of mathematical model with one or more cyclic current voltage characteristics (CVC). This is an urgent problem, since any electric traction system device and elec-

ЕЛЕКТРИЧНИЙ ТРАНСПОРТ

trified track in general, like non-linear passive or active two-terminal network in the present operating mode is described by current-voltage characteristic (CVC), which is based on the given input voltage and input current. **Methodology.** The electromagnetic process calculation in the power circuits of traction electric energy supply is the probabilistic task with solving nonlinear stochastic differential equations requiring for the development of special methods. Given the calculation difficulty, it is reasonable to perform them either by real CVC graph bypass or initially by applying its equivalent replacement with, for example, an ellipse. **Findings.** Numerical calculations of the mathematical model with one or more cyclic CVC can be performed by “real” CVC bypass or by “idealization” i. e. approximate replacement of real cyclic CVC. **Originality.** This paper presents the dynamic CVC of the DS3 and 2ES5K electric locomotives at different currents of electric locomotives. **Practical value.** Cyclic CVC normally and definitely can be applied in the system of electromagnetic state equations while transient state calculating in the traction system. Therefore while calculating the experimentally obtained CVC for the most “difficult and complex” (or/and the “easiest”) mode is applied.

Keywords: identification of parameters, electrified track; modeling; electromagnetic processes; transient state; electric locomotive; non-linear passive or active two-terminal network

REFERENCES

1. Mishchenko T.M. Teoretychni aspekty ta metody identifikatsii parametriv pristroiv systemy elektrichnoi tiagy. Metod mittievykh potuzhnostey; paralelne ziednannia elementiv [Theoretical aspects and methods of the parameters identification of the electric propulsion devices the swing capacity method; the parallel connection of the elements]. *Visnyk Dnipropetrovskoho natsionalnoho universitetu zaliznychnoho transportu imeni akademika V. Lazariana* [Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan], 2012, issue 41, pp. 86-91.
2. Mishchenko T.M. Teoretychni aspekty ta metody identifikatsii parametriv pristroiv systemy elektrichnoi tiagy. Metod mittievykh potuzhnostey; paralelne ziednannia elementiv [Theoretical aspects and methods of the parameters identification of the electric propulsion devices the swing capacity method; the series connection of the elements]. *Visnyk Dnipropetrovskoho natsionalnoho universitetu zaliznychnoho transportu imeni akademika V. Lazariana* [Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan], 2012, issue 42, pp. 121-126.
3. Kostin M.O., Sheikina O.G. *Teoretychni osnovy elektrotekhn. T. 3* (Theoretical foundations of electrical engineering, Vol. 3.), Dnepropetrovsk: DNUZT, 2011. 236 p.
4. Maevskiy O.A. *Energeticheskie pokazateli ventilnykh preobrazovateley* [Energetic indices of the valve inverter]. Moscow, Energiya Publ., 1978. 320 p.
5. Maevskiy O.A. Metody opredeleniya reaktivnoy moshchnosti nelineynykh elektricheskikh tsepey s pomoshchyu ikh tsyklicheskykh kharakteristik [Methods of reactive power determination of non-linear electric circuits by their cyclic characteristics]. *Vestnik Kharkovskogo politekhnicheskogo instituta* [Bulletin of the Kharkov Polytechnic Institute], 1970, no. 45, vol. 4, pp. 9-17.
6. Simonyi K. *Theoretische Elektrotechnik*. Berlin, VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften Publ., 1964. 773 p.
7. Privalov I.I. *Analiticheskaya geometriya* [Analytic geometry]. Moscow, Nauka Publ., 1966. 272 p.
8. Lingen J., Schmidt P. Strombelastbarkeit von Oberleitungen des Hochgeschwindigkeitsverkehrs. *Elektrische Bahnen*, 1996, no. 94, pp. 38–44.
9. Milz K. Elektrifizierungssysteme für den Hochgeschwindigkeitsverkehr. *Elektrische Bahnen*, 1991, no. 89, pp. 323– 325.

Стаття рекомендована до публікації д.т.н., проф. М. О. Костіним (Україна); д.т.н., проф. С. І. Випанасенко (Україна)

Надійшла до редколегії 13.12.2012

Прийнята до друку 21.02.2013

МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО

УДК 669.4.027.4:669.14.018.294

Л. И. ВАКУЛЕНКО¹, В. А. СОКИРКО², Ю. Л. НАДЕЖДИН^{3*}

¹ГП Приднепровская железная дорога, пр. Карла Маркса, 108, 49600, Днепропетровск, Украина

²ОАО DS Со, ул. Большая Морская, 63, 34001, Николаев, Украина, эл. почта ds@mksat.net

^{3*}Каф. «Технология материалов», Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, 49010 Днепропетровск, Украина, тел. +38(056) 373 15 56, эл. почта dnyzt_texmat@ukr.net

ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ИМПУЛЬСНАЯ ОБРАБОТКА МЕТАЛЛА ОБОДА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО КОЛЕСА ПОСЛЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Цель. Целью работы является попытка оценить степень разупрочнения по поверхности катания металла железнодорожного колеса, используя электрическую импульсную обработку. **Методика.** Электрическую импульсную обработку (ЭО) осуществляли на специальной установке в условиях предприятия ОАО DS (г. Николаев). В качестве характеристики прочности металла использовалась твердость по Виккерсу. Исследование микроструктуры осуществляли с использованием светового микроскопа. Материалом для исследования служила углеродистая сталь фрагмента обода железнодорожного колеса № 181732, изъятая после эксплуатации, с 0,55 %С, 0,74 %Mn, 0,33 %Si, 0,009 %P, 0,01 %S, 0,06 %Ni, 0,1 %Cr, 0,08 %Cu. **Результаты.** Подвергая фрагмент обода воздействию электроимпульсной обработки (ЭО), экспериментально наблюдаемому изменению геометрических размеров образца в зависимости от числа циклов, соответствовали качественные изменения внутреннего строения металла обода колеса. В результате указанной обработки наблюдалось снижение уровня твердости холодно деформированного металла. Для области I обода по поверхности катания обнаружено разупрочнение на 20, для II на 8 и для III на 11 % относительно исходного состояния. **Научная новизна.** В результате электроимпульсной обработки наблюдается изменение геометрических размеров образца. В зависимости от числа циклов это обуславливает эффект разупрочнения. Доказано, что наблюдаемая величина разупрочнения при ЭО качественно связана со степенью холодной пластической деформации по поверхности катания железнодорожного колеса. **Практическая значимость.** В результате наклепа металла по поверхности катания колеса снижается его сопротивление зарождению повреждений. Полученные данные могут быть полезны при разработке мероприятий, направленных на повышение эксплуатационной безопасности железнодорожного транспорта. Разработка технологий по снижению охрупчивающего влияния деформационного упрочнения является важным научным направлением в дальнейших исследованиях.

Ключевые слова: сталь; железнодорожное колесо; твердость; электрическая импульсная обработка

Введение

Увеличение нагрузки на ось колесной пары требует использования железнодорожных колес с повышенным комплексом свойств. Кроме прочностных свойств, достаточно высокого значения приобретают характеристики сопро-

тивления металла зарождению повреждений на поверхности катания [1]. Повышения указанных характеристик возможно за счет использования нескольких, качественно различных технологических решений. Введение легирующих элементов при выплавке стали позволяет менять, в определенном диапазоне прочностные и пластические свойства [7]. С другой стороны,

МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО

использование термических или термомеханических обработок приводит так же к изменению свойств металла. Однако, при термоупрочнении можно в значительно более широком диапазоне изменять комплекс свойств металла [2]. На основании этого, использование не значительных добавок легирующих элементов к составу углеродистых сталей железнодорожных колес, с последующей их упрочняющей термической обработкой, является одним из технологически оправданных решений [5].

В результате наклепа металла по поверхности катания колеса снижается его сопротивление зарождению повреждений. Разработка технологий по снижению охрупчивающего влияния деформационного упрочнения является важным научным направлением.

Цель работы

Целью работы является попытка оценить степень разупрочнения по поверхности катания металла железнодорожного колеса используя электрическую импульсную обработку.

Материал для исследования

Материалом для исследования служила углеродистая сталь фрагмента обода железнодорожного колеса № 181732, изъятого после эксплуатации, с 0,55 %C, 0,74 %Mn, 0,33 %Si, 0,009 %P, 0,01 %S, 0,06 % Ni, 0,1, 0 %Cr, 0,08 %Cu.

Методы исследования

Электрическую импульсную обработку (ЭО) осуществляли на специальной установке в условиях предприятия ОАО ДС (г. Николаев). В качестве характеристики прочности металла использовалась твердость по Виккерсу. Исследование микроструктуры осуществляли с использованием светового микроскопа.

Результаты исследования

Технология термического упрочнения железнодорожных колес предусматривает формирование структуры металла в два этапа. Структурное состояние углеродистой стали, связанное с механизмом превращения, в действительности определяется скоростью охлаждения

металла. Так слои металла, которые располагаются вблизи с поверхностью принудительного охлаждения, для которых скорость охлаждения по своему значению приближается к критической величине, представляют собой кристаллы подобные бейнитным, с мелкими карбидными частицами (рис. 1).



Рис. 1. Структура стали после ускоренного охлаждения до температуры 450°C.

Увеличение 18000

Увеличение расстояния (от поверхности охлаждения) приводит к достижению условий выделения структурно свободного феррита, в виде вытянутых образований по форме напоминающей игольчатые кристаллы (рис. 2). Металл, который соответствует объемам вблизи с серединой обода колеса, представляет собой перлитные колонии, с выделением по границам зерен структурно свободного феррита. После достижения определенной температуры на поверхности обода, когда принудительное охлаждение прекращается, охлажденные участки начинают ускоренно нагреваться за счет тепла более разогретых внутренних объемов металла. На основании этого, ускорение процессов диффузии сопровождается изменениями структуры обода колеса, что приводит к снижению величины перепада прочностных и пластических свойств в объемах металла, превращенного по различным механизмам. При качении колеса по рельсу приповерхностные объемы металла обода подвергаются наклепу. Накопление дефектов кристаллического строения, пропорционально степени пластической деформации, имеет определенную неравномерность распределения [4]. Обусловлено указанное явление не только градиентом деформации в зависимости

МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО

от расстояния объема металла от поверхности качения, но и его структурным состоянием, которое изменяется в зависимости от износа колеса. Таким образом, в процессе эксплуатации внутренне строение стали железнодорожного колеса претерпевает достаточно значительные изменения. Накопление дефектов кристаллического строения сопровождается снижением запаса пластических свойств, что способствует росту вероятности формирования повреждений металла колеса. На основании этого, разработка технологий разупрочнения холоднодеформированного металла может являться направлением, позволяющим повысить ресурс безаварийного использования железнодорожного колеса. При нагреве холоднодеформированного металла, когда пропорционально температуре наблюдается ускорение процессов диффузионного массопереноса, обнаруживаемое снижение концентрации накопленных дефектов кристаллического строения приводит к росту пластических свойств и трещиностойкости, с одновременным снижением прочности [2,8]. Кроме термических способов разупрочнения, достаточного распространения получили обработки, основанные на использовании иных воздействий, таких как обработка магнитным полем [3], пропусканием через металл импульсов электрического тока [6].



Рис. 2. Структура углеродистой стали с 0,6 % C после ускоренного охлаждения до 575 °C. Увеличение 800

На рис. 3 представлена типичная структура исследуемой стали по сечению обода после эксплуатации. Отсутствие признаков термического упрочнения металла обусловлено износом и последующими обточками колеса при восстановлении профиля катания. Представленная

структура в действительности приближается к горячекатаному состоянию металла, так как соответствует приблизительно середине обода колеса до эксплуатации. Анализ микроструктуры подтверждает не только высокую степень деформации, но и достаточно неоднородное ее распределение. Прежде всего необходимо отметить, что в зависимости от участка на поверхности катания (вблизи с гребнем, обозначим I, в области максимального проката - II и около боковой поверхности с внешней стороны колеса - III), величина наклепа металла может меняться в довольно широком интервале значений. Указанное положение подтверждается изменением твердости металла колеса в зависимости от исследуемого участка. Так, абсолютные значения твердости меняются от 700 до 770 для областей I и III и от 550 до 600 Нв для II. Уровень твердости в области II может быть объяснен повышенным разогревом обода на этапах торможения подвижного состава. Действительно, если полагать, что области II соответствует максимальный прокат, следовательно, и степень пластической деформации должна быть выше по сравнению с другими участками обода. Однако, как следует из [2, 4], чем выше величина наклепа металла при пластической деформации, тем более высокого развития получают процессы разупрочнения при нагреве. Вследствие этого наблюдаются минимальные значения твердости в области II металла по поверхности катания колеса в состоянии до Э. О. Подвергая фрагмент обода воздействию электроимпульсной обработки, экспериментально наблюдали изменение геометрических размеров образца в зависимости от числа циклов (рис.4). Следовательно, подвергая холоднодеформированный металл, хотя и частично отпущенный, микропластическим деформациям за счет ЭО, которые не совпадают с распределением деформации на поверхности катания колеса, следует ожидать развития процессов разупрочнения. Действительно, после ЭО было обнаружено снижение уровня твердости металла для области I на 20; для II на 8 и для III на 11 % относительно исходного состояния.

Исследованиями микроструктуры были обнаружены качественные изменения внутреннего строения металла обода колеса после ЭО. На рис. 5а представлена наиболее типичная структура ста-

МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО

ли колеса по поверхности катания. Значительная степень пластической деформации по поверхности катания обуславливает высокую турбулентность структурных составляющих.

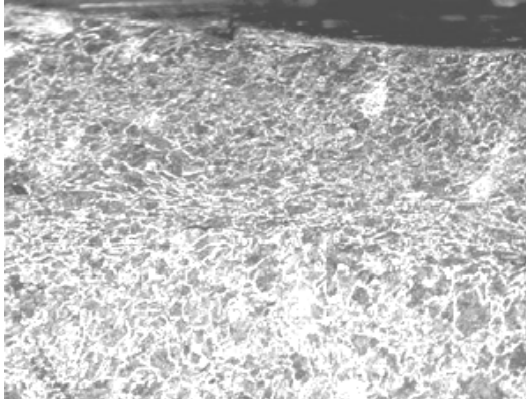


Рис. 3. Градиент структуры металла по сечению обода колеса в зависимости от расстояния от поверхности катания. Увеличение 100

Указанное положение достаточно убедительно подтверждается наблюдаемым градиентом структуры в слое металла, непосредственно прилегающего к поверхности катания (верхняя часть структуры на рис.3). С другой стороны, анализ формы структурных составляющих ука-

зывает на явное влияние температурных воздействий. Об этом свидетельствуют достаточно протяженные участки структурно свободного феррита (рис. 5б). После электрической импульсной обработки, в структуре стали обнаруживаются свидетельства, которые подобны наблюдаемым при развитии процессов разупрочнения холоднодеформированного металла (рис.6). Так, по сравнению со структурным состоянием металла колеса после эксплуатации, ЭО приводит к формированию объемов с несколько иным распределением зерен структурно свободного феррита (рис. 6а).

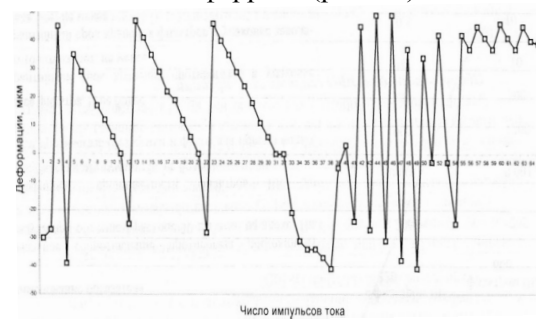


Рис. 4. Схема, иллюстрирующая изменение деформации образца (мкм) в зависимости от количества импульсов ЭО

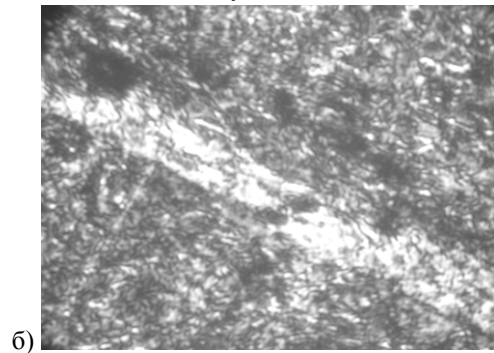
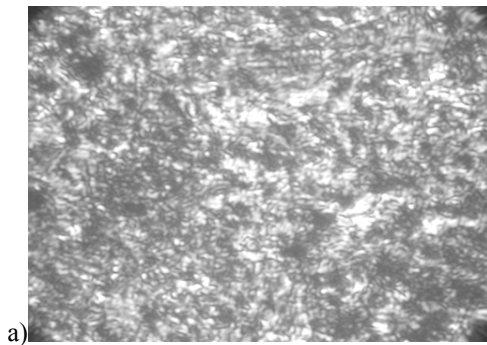


Рис. 5. Структура стали обода колеса до ЭО. Увеличение 250

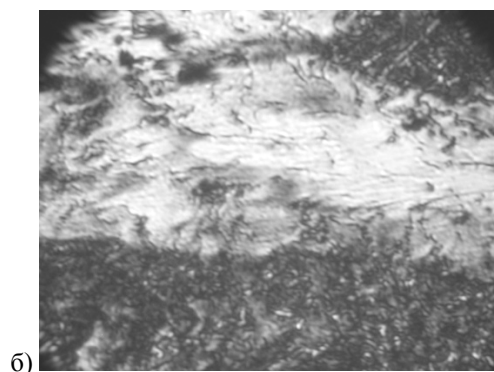
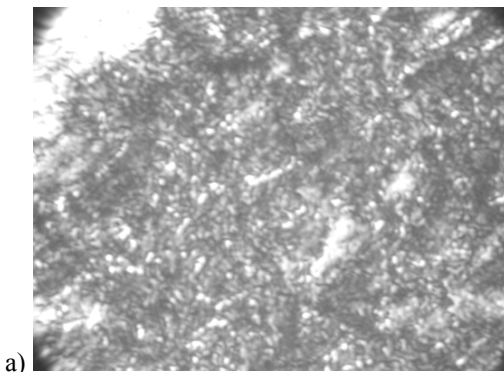


Рис. 6. Структура стали обода колеса после ЭО. Увеличение 250

МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО

Кроме этого, наблюдаются более протяженные участки ферритной фазы (рис.6б), по сравнению с аналогичными для состояния металла до ЭО (рис. 5, б).

Обнаруженный эффект разупрочнения металла обода по поверхности катания в результате ЭО, может быть обусловленный перемещениями дефектов кристаллического строения, которые были введены в металл при эксплуатации железнодорожного колеса. Представленное объяснение наблюдаемого явления требует проведения дополнительных исследований по оценке величины эффекта разупрочнения в зависимости от структурного состояния металла железнодорожного колеса.

Выводы

1. В результате электроимпульсной обработки изменение геометрических размеров образца в зависимости от числа циклов обуславливает эффект разупрочнения.

2. Наблюдаемая величина разупрочнения при ЭО качественно связана со степенью холодной пластической деформации по поверхности катания железнодорожного колеса.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Андрейко, І. М. Дослідження пошкоджуваності поверхні кочення залізничних коліс / І. М. Ан-

дрейко, В. В Кулик, В. І. Прокопеч // Машинознавство. – 2011. – № 2. – С. 30–33.

2. Бабич, В. К. Деформационное старение стали / В. К. Бабич, Ю. П. Гуль, И. Е. Долженков. – М. : Металлургия, 1972. – 320 с.

3. Бернштейн, М. Л. Термическая обработка стальных изделий в магнитном поле / М. Л. Бернштейн, В. Н. Пустовойт. – М. : Машиностроение, 1987. – 256 с.

4. Вакуленко, И. А. Морфология структуры и деформационное упрочнение стали / И. А. Вакуленко, В. И. Большаков. – Д. : Маковецкий, 2008. – 196 с.

5. Иванов, С. Г. Основные направления по повышению надежности и увеличению ресурса цельнокатаных колес / С. Г. Иванов // Современные проблемы взаимодействия подвижного состава и пути. Колесо–рельс 2003 : тез. докл. науч.-практ. конф. (20 нояб.–21 нояб. 2003 г.). – М. : Интекст, 2003. – С. 124–127.

6. Царюк, А. К. Изменение механических свойств сварных соединений углеродистых и низколегированных сталей под влиянием электромагнитных воздействий / А. К. Царюк, В. Ю. Скульский, С. И. Моравский, В. А. Сокирко // Автоматическая сварка. – 2008. – № 9. – С. 28–32.

7. Bhadeshia, H. K. D. Bainite in Steels / H. K. D. Bhadeshia. – Cambridge : Cambridge University Press, 2001. – 454 p.

8. Vakulenko, I. A. Effect of the Fraction of a Thermally Hardened Layer on the Strength of Low – Carbon Rolled Products / I. A. Vakulenko, V. G. Razdobreev // Russian Metallurgy (Metally). – 2006. – № 2. – P.172–175.

Л. І. ВАКУЛЕНКО¹, В. А. СОКІРКО², Ю. Л. НАДЕЖДІН^{3*}

¹ ДП Придніпровська залізниця, пр. Карла Маркса, 108, 49600, Дніпропетровськ, Україна

² BAT DS Co, вул. Велика Морська, 63, 34001, Миколаїв, Україна, ел. пошта ds@mksat.net

^{3*} Каф. «Технологія матеріалів», Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, 49010, Дніпропетровськ, Україна, тел. +38 (056) 373 15 56, ел. пошта dnyzt_textmat@ukr.net.

ЕЛЕКТРИЧНА ІМПУЛЬСНА ОБРОБКА МЕТАЛУ ОБОДУ ЗАЛІЗНИЧНОГО КОЛЕСА ПІСЛЯ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Мета. Метою роботи є спроба оцінити ступінь знеміцнення по поверхні кочення металу залізничного колеса використовуючи електричну імпульсну обробку. **Методи.** Електричну імпульсну обробку (ЕО) здійснювали на спеціальному устаткуванні, в умовах підприємства BAT DS (м. Миколаїв). В якості характеристики міцності металу використовували твердість за Віккерсом. Дослідження мікроструктури здійснювали з використанням світлового мікроскопу. Матеріалом для дослідження була вуглецева сталь фрагмента ободу залізничного колеса №181732, яке було вилучене з експлуатації, з 0,55%С, 0,74%Mn, 0,33%Si, 0,009%P, 0,01%S, 0,06% Ni, 0,1%Cr, 0,08%Cu. **Результати.** Піддаючи фрагмент ободу впливу електричної імпульсної обробки (ЕО), експериментально спостерігали зміну геометричних розмірів зразка залежно від числа циклів.

МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО

Зміні розмірів відповідали якісні зміни внутрішньої будови металу ободу колеса. В результаті наведеної обробки спостерігали зниження рівня твердості холодно деформованого металу. Для області I ободу по поверхні кочення виявлене знеміцнення на 20, для II на 8 і для III на 11% відносно початкового стану. **Наукова новизна.** В результаті електричної імпульсної обробки спостерігається зміна геометричних розмірів зразку. Залежно від числа циклів, це обумовлює ефект знеміцнення. Доведено, що спостережувана величина знеміцнення при ЕО якісно пов'язана зі ступенем холодної пластичної деформації по поверхні катання залізничного колеса. **Практична значимість.** В результаті наклепу металу по поверхні кочення колеса знижується його опір зародженню пошкоджень. Отримані дані можуть бути корисні при розробці заходів, спрямованих на підвищення експлуатаційної безпеки залізничного транспорту. Розробка технологій по зниженню окрихуючого впливу деформаційного зміцнення є важливим науковим напрямом в подальших дослідженнях.

Ключові слова: сталь; залізничне колесо; твердість; електрична імпульсна обробка

L. I. VAKULENKO¹, V. A. SOKYRKO², Y. L. NADEZHGIN^{3*}

¹Pridneprovsk Railway, Karl Marx Av., 108, 49600, Dnipropetrovsk, Ukraine

²JSC DS Co., Bolshaya Morskaya Str., 63, 34001, Nikolayev, Ukraine, e-mail ds@mksat.net

^{3*}Department «Technology of Materials» of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after

Academician V. Lazaryan, Lazaryana Str., 2, 49010, Dnipropetrovsk, Ukraine, tel. +38 (056) 373 15 56, e-mail dnyzt_textmat@ukr.net.

ELECTRIC PULSE TREATMENT OF RIM WHEEL METAL AFTER OPERATION

Introduction. Load increase on the wheel pair ax requires the use of railway wheels with the advanced complex of properties. Except strength properties, the properties of metal resistance to defect nucleation on the wheel thread are of high importance. The above mentioned properties increase is possible by using different technological decisions: alloying and heat strengthening. **Purpose.** The purpose is an attempt to estimate the softening degree of the wheel thread metal using the electric pulse treatment. **Methodology.** Electric pulse treatment (ET) was carried out on the special plant in the conditions of JSC DS (Nikolayev city). As the property of metal strength the Vickers hardness number is used. The microstructure research was carried out using the light microscope. The material for research is the carbon steel of the rim fragment of railway wheel №181732, withdrawn after operation, containing 0,55%C, 0,74%Mn, 0,33%Si, 0,009%P, 0,01%S, 0,06% Ni, 0,1%Cr, 0,08%Cu. **Findings.** Exposing the rim fragment to electric pulse treatment (ET), the qualitative changes of internal structure of the wheel rim metal corresponded to the experimentally observed geometrical dimensions change of the specimen, depending on the cycles number. As a result of the treatment the reduction of cold strained metal hardness is observed. It was found out 20 % softening on the wheel thread for the I rim area the, for the II rim area the 8% softening and for the III 11% softening in relation to the initial state. **Originality.** As a result of electric pulse treatment, the change of the specimen geometrical dimensions is observed. Depending on the number of cycles it causes softening effect. It is proved that the observed softening value during ET is qualitatively connected with the cold strain level on the rail wheel thread. **Practical value.** As a result of metal cold work on the wheel thread its resistance to the defect nucleation is being reduced. The resulted data can be used during elaboration of measures to increase the operational safety of railway transport. The technology development of the strain hardening embrittling influence reduce is an important scientific direction in further researches

Keywords: steel; rail wheel; hardness; electric pulse treatment

REFERENCES

1. Andreiko I.M., Kulyk V.V., Prokopets V.I. Doslidzhennia poshkozhdzhanosti poverkhni kochennia zaliznychnykh kolis [Research of the wheel thread damageability]. *Mashynoznavstvo – engineering Science*, 2011, no. 2, pp. 30-33.
2. Babich V.K., Gul Yu. P., Dolzhenkov I.Ye. *Deformatsionnoe starenie stali* [Strain ageing of the steel]. Moscow, Metallurgiya Publ., 1972. 320 p.
3. Bernshteyn M.L., Pustovoyt V.N. *Termicheskaya obrabotka stalnykh izdeliy v magnitnom pole* [Heat treatment of the steel articles in the magnetic field]. Moscow, Mashinostroeniye Publ., 1987. 256 p.

МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО

4. Vakulenko I.A., Bolshakov V.I. *Morfologiya struktury i deformatsionnoe uprochnenie stali* [Structure morphology and strain hardening steel]. Dnepropetrovsk, Makovetskiy Publ., 2008. 196 p.
5. Ivanov S.G. Osnovnye napravleniya po povysheniyu nadezhnosti i uvelicheniyu resursa tselnokatanykh koles [The basic directions of the reliability enhancement and life extension of the all-rolled wheels]. *Tezisy dokladov nauchno–prakticheskoy konferentsii “Sovremennye problemy vzaimodeystviya podvizhnogo sostava i puti. Koleso – rels 2003”* [Abstracts of Papers of Scientific and Practical Conf. “Modern problems of the rolling stock and track interaction. Wheel–rail 2003”]. Moscow, 2003, pp. 124-127.
6. Tsaryuk A.K., Skulskiy V.Yu., Moravskiy S.I., Sokirko V.A. Izmeneniye mekhanicheskikh svoystv svarnykh soyedineniy uglerodistykh i nizkolegirovannykh staley pod vliyaniem elektromagnitnykh vozdeystviy [Weld joints property change of the carbon and low-alloyed steels under the influence of electromagnetic effect]. *Avtomaticheskaya svarka –Automatic Welding*, 2008, no. 9, pp. 28-32.
7. Bhadeshia H.K.D. Bainite in Steels. Cambridge, Cambridge University Press Publ., 2001. 454 p.
8. Vakulenko I.A., Razdobreev V.G. Effect of the Fraction of a Thermally Hardened Layer on the Strength of Low – Carbon Rolled Products. *Russian Metallurgy (Metally)*, 2006, no. 2, pp. 172-175.

Статья рекомендована к публикации к.т.н., доц. Л. И. Котовой (Украина); к.т.н., доц. О. А. Чайковским (Украина)

Поступила в редколлегию 05.12.2012

Принята к печати 25.02.2013

РУХОМИЙ СКЛАД ЗАЛІЗНИЦЬ І ТЯГА ПОЇЗДІВ

УДК 629.463.3

С. В. БЕСПАЛЬКО¹, В. И. БОГАЧЕВ^{2*}

¹ Каф. «Вагоны и вагонное хозяйство», Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный университет путей сообщения», ул. Образцова, д. 9, стр. 9, Москва, Россия, 127994, эл. почта bespalco@hotmail.ru

^{2*} Каф. «Вагоны и вагонное хозяйство», Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный университет путей сообщения», ул. Образцова, д. 9, стр. 9, Москва, Россия, 127994, эл. почта vy-bogachev@yandex.ru

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ ДНИЩА НА НАПРЯЖЕННОЕ СОСТОЯНИЕ КОТЛА ЦИСТЕРНЫ

Цель. Определить такое значение вылета днища, при котором обеспечивается максимальная грузоподъемность вагона-цистерны при удовлетворении условий прочности котла. **Методика.** Решение поставленной задачи выполнялось с использованием специализированного программного комплекса NASTRAN. Расчетная схема представляет собой конечно-элементную модель котла железнодорожной четырехосной цистерны модели 15-1443. Нагрузка в расчетной схеме была представлена в виде давления, значение которого принималось равным 0,4 МПа. Определялось напряженное состояние модели котла. Величина вылета днища котла изменялась в пределах от 0,2 м до 1,5 м. **Результаты.** Из условия прочности рациональное значение вылета составило 0,47 м. При этом значении вылета днища возможно улучшить параметры базовой цистерны: увеличить объем котла и повысить грузоподъемность на 0,7 т. Исследована возможность дополнительного увеличения объема котла и грузоподъемности за счет увеличения толщины листов днища до 13 мм. В этом случае оптимальным вариантом следует признать днище с вылетом 0,4 м. Грузоподъемность цистерны с таким днищем превысила грузоподъемность базовой цистерны на 1 т. **Научная новизна.** В статье предложен способ расчетного обоснования увеличения объема котла вагона-цистерны. Увеличение объема, а, следовательно, и грузоподъемности, позволяет повысить производительность вагона. По результатам расчетов получена зависимость максимальных эквивалентных напряжений от вылета днища. **Практическая значимость.** Показано, что уменьшение вылета днища при удовлетворении условий прочности котла позволит улучшить параметры существующей модели железнодорожной цистерны. Результаты могут быть использованы при проектировании новых цистерн.

Ключевые слова: цистерна; котел; вылет днища; грузоподъемность; метод конечных элементов

Введение

Необходимость обеспечения надежности наливного подвижного состава и безопасности перевозок на железнодорожном транспорте определяет актуальность решения проблемы расчетной оценки несущей способности элементов конструкций, работающих в сложных условиях эксплуатации [9].

Цель

Одним из важнейших параметров вагона-цистерны является грузоподъемность. Увеличение грузоподъемности позволяет повысить производительность вагона, т.е. количество перевозок, выполняемых вагоном в единицу времени, увеличить вес поездов, улучшить использование мощности локомотивов и станционных устройств, снизить расходы на маневровую ра-

РУХОМИЙ СКЛАД ЗАЛІЗНИЦЬ І ТЯГА ПОЇЗДІВ

боту, текущее содержание, обслуживание вагонов и т.д. В конечном счете, все это приводит к увеличению провозной способности железных дорог и снижению себестоимости перевозок.

Методы

Для расчета вагонных конструкций инженеры и научные работники используют специализированные алгоритмы расчета несущих узлов [1, 2] или специализированные программные комплексы [3, 5-7], реализующие метод конечных элементов (МКЭ). МКЭ позволяет учесть сложность геометрии конструкции [5], физические свойства материала, влияние жидкого заполнения [6,7]. Построив с нужной степенью детализации расчетную схему, можно достаточно полно отразить в ней свойства реального объекта.

В работе [3] одной из задач по созданию цистерн безрамной конструкции нового поколения является увеличение объема цистерны. Отмечается, что для разных габаритов можно определить предельный объем котла, исходя из базы цистерны и допускаемого свеса котла за лобовой лист.

Существует другой способ увеличения объема цистерны, который рассматривается в данной статье.

Днище является частью конструкции котла, объем которой в определенной степени влияет на параметры цистерны в целом.

В связи с этим, интерес представляет задача нахождения такого значения вылета днища, при котором обеспечивается максимальная грузоподъемность при удовлетворении условий прочности котла.

Решение поставленной выше задачи выполнялось с использованием программного комплекса NASTRAN. Объектом исследования был выбран котел четырехосной цистерны модели 15-1443 для перевозки бензина и светлых нефтепродуктов.

Расчетная схема представляет собой конечно-элементную модель котла, в которой учитывалась симметрия конструкции относительно поперечной вертикальной плоскости, т.е. рассматривалась половина котла, получаемая при рассечении этой плоскостью. В плоскости симметрии на модель котла накладывались соответствующие граничные условия. В модели не учитывались верхняя и нижняя горловины, сливной уклон. Это основывается на том, что влияние перечисленных элементов конструк-

ции на напряженно-деформированное состояние (НДС) днища незначительно.

Оболочка котла радиусом 1,5 м представлена совокупностью сеток конечных элементов (КЭ сеток) цилиндрической части и эллиптического днища. КЭ сетки создавались вращением [8] вокруг продольной горизонтальной оси котла, причем были созданы отдельные КЭ сетки для броневых, двух верхних и двух продольных листов котла. При создании КЭ сетки эллиптического днища учтено, что днище имеет цилиндрический участок длиной 0,05 м. При построении конечно-элементной схемы использовались следующие конечные элементы: плоские четырехугольные – для листов обечайки котла, плоские четырехугольные и треугольные – для днища.

Конечно-элементная модель включает 23836 конечных элементов и 23837 узлов.

Толщины листов заданы в свойствах элементов и составляют: 9 мм – для верхних и продольных листов обечайки; 11 мм – для броневых листов и 10 мм – для днища. Материал котла задан как изотропный со следующими характеристиками: модуль Юнга равен $2,1 \cdot 10^5$ МПа, коэффициент Пуассона – 0,3.

Для днища котла внутреннее давление является определяющим внешним воздействием. Из результатов экспериментальных исследований [2] следует, что нагрузка на котел внутренним давлением вызывает в днищах напряжения, составляющие не менее 80 % от суммарных напряжений, которые характеризуют прочность конструкций согласно требованиям «Норм...» [4].

Поэтому, нагрузка в расчетной схеме была представлена в виде давления, значение которого принималось равным 0,4 МПа (давления, создаваемого в котле при гидравлическом испытании). Влияние остальных сил учитывалось в величине допускаемых напряжений для днища по первому расчетному режиму. В соответствии с «Нормами...» допускаемые напряжения $[\sigma]$ для стали 09Г2С для первого расчетного режима принимаются равными пределу текучести материала, взятому с коэффициентом 0,9. Предел текучести равен 325 МПа.

Величина вылета днища согласно поставленной задаче изменялась в пределах от 0,2 м до 1,5 м, поэтому описанная расчетная модель котла создавалась для каждого значения вылета.

РУХОМИЙ СКЛАД ЗАЛІЗНИЦЬ І ТЯГА ПОЇЗДІВ

Вследствие краевого эффекта в переходной зоне от цилиндрической части котла к эллиптическому днищу можно наблюдать максимальный всплеск эквивалентных напряжений. С увеличением вылета их величина снижается. При вылете днища равном 1,0 м величины максимальных эквивалентных напряжений в обечайке котла и эллиптическом днище практически равны. Максимум напряжений смещается в цилиндрический участок днища при величине вылета больше 1,0 м. Дальнейшее его увеличение приводит к росту напряжений в обечайке и снижению их в днище, однако при этом уменьшается и объем котла.

На рис. 1 изображен график зависимости максимальных эквивалентных напряжений в днище котла от величины его вылета.

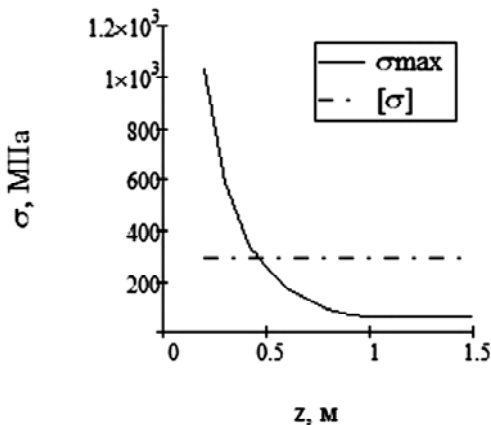


Рис. 1. График зависимости максимальных эквивалентных напряжений σ_{\max} в днище котла от величины его вылета z

Результаты расчетов показали, что при величине вылета равной 0,4 м максимальные эквивалентные напряжения в днище составляют 374 МПа, а при вылете 0,5 м – 253 МПа при величине допускаемых напряжений 292,5 МПа.

Для уточнения оптимальной величины вылет днища варьировался с более мелким шагом 0,01 м, начиная с вылета 0,4 м. Оказалось, что при величине вылета 0,47 м эквивалентные напряжения составляют 283 МПа. Именно это значение было принято в качестве оптимального по условию прочности.

Интерес также представлял вопрос о том, насколько возможно уменьшить вылет днища, а соответственно, увеличить объем котла, за счет увеличения толщины днища. Оказалось, что при толщине листов 13 мм днища с вылетом 0,4

м возможно дополнительно понизит величину эквивалентных напряжений с 374 МПа до 282 МПа и, следовательно, принять этот вариант котла за оптимальный.

На рис. 2 изображены графики зависимости максимальных эквивалентных напряжений в днище котла от величины его вылета при варьировании толщиной.

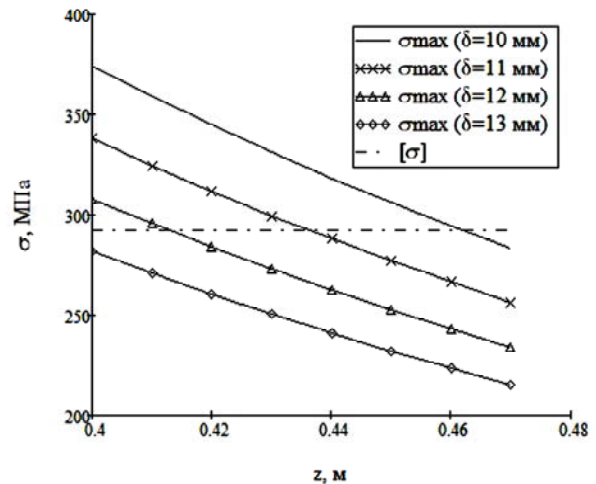


Рис. 2. Графики зависимости максимальных эквивалентных напряжений в днище котла от величины его вылета при варьировании толщиной δ

В заключении был выполнен расчет объема котла и грузоподъемности цистерны 15-1443 с различными вылетами днищ котла при неизменной общей длине последнего. Получена зависимость объема и грузоподъемности от вылета днища.

При оптимальном, по условию прочности, вылете днища равном 0,47 м, объем увеличивается практически на 1 м³, а грузоподъемность повышается на 0,7 т по сравнению с базовым вариантом цистерны с вылетом 0,66 м. У цистерны с вылетом днища 0,4 м толщиной 13 мм грузоподъемность увеличивается до 1 т по сравнению с базовой. Результаты расчетов приведены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты расчетов

Вылет днища, м	Объем котла, м ³	Грузоподъемность, т
0,40	74,44	61,00
0,47	74,11	60,73
0,66	73,22	60,00

РУХОМИЙ СКЛАД ЗАЛІЗНИЦЬ І ТЯГА ПОЇЗДІВ

Выводы

1. Проведена серия расчетов на определение НДС днища котла цистерны 15-1443 с использованием программного комплекса NASTRAN, для чего построена конечно-элементная расчетная схема котла с разными значениями вылета днища.

2. По результатам расчетов получена зависимость максимальных эквивалентных напряжений от вылета днища.

3. Из условия прочности рациональное значение вылета составило 0,47 м. При этом значении вылета днища возможно улучшить параметры базовой цистерны: увеличить объем котла и повысить грузоподъемность на 0,7 т.

4. Исследована возможность дополнительного увеличения объема котла и грузоподъемности за счет увеличения толщины листов днища до 13 мм. В этом случае оптимальным вариантом следует признать днище с вылетом 0,4 м. Грузоподъемность цистерны с таким днищем превысила грузоподъемность базовой цистерны на 1 т.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Козлов, М. П. Определение напряжений в оболочках цилиндрических частей котлов цистерн / М. П. Козлов // Транспорт Урала. – 2009. – № 3 (22). – С.71–76.
2. Медведев, В. П. Исследование прочностных характеристик сложных оболочек вращения, применяемых в цистерностроении : дис. ... канд. техн. наук : 05.22.07 / Медведев Вячеслав Павлович ; МИИТ. – М., 1972. – 215 с. – Библиогр.: С. 205–212.
3. Нагруженность вагонов-цистерн при переходных режимах движения поездов : монография / Г. И. Богомаз, Н. Е. Наumenko, А. Н. Пшинько, С. В. Мямлин. – К. : Наукова думка, 2010. – 216 с.
4. Нормы для расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных). – М. : ГосНИИВ – ВНИИЖТ, 1996. – 319 с.
5. Павлюченков, М. В. Влияние начальных несовершенств котлов железнодорожных цистерн на их напряженно-деформированное состояние [Электронный ресурс] / М. В. Павлюченков // Зб. наук. пр. Укр. державної акад. залізн. трансп. – 2011. – Вип. 123. – С.136–141. – Режим доступа: http://www.nbu.gov.ua/portal/natural/Znpudazt/2011_123/n123-136.pdf. – Загл. с экрана.
6. Путятю, А. В. Расчет на прочность котла вагона-цистерны с учетом решения задачи гидроупругости [Электронный ресурс] / А. В. Путятю // Зб. наук. пр. Укр. державної акад. залізн. трансп. – 2009. – Вип. 108. – С.115–120. – Режим доступа: http://www.nbu.gov.ua/portal/natural/Znpudazt/2009_108/n108-115.pdf. – Загл. с экрана.
7. Путятю, А. В. Совершенствование элементов конструкций вагона-цистерны с учетом взаимодействия с перевозимым жидким грузом / А. В. Путятю // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2010. – № 1(25). – С.113–122.
8. Рычков, С. П. MSC.visualNASTRAN для Windows / С. П. Рычков – М. : НТ Пресс, 2004. – 552 с.
9. Mohd, Rapik Saat, Christopher, P. L. Barkan. Generalized railway tank car safety design optimization for hazardous materials transport: Addressing the trade-off between transportation efficiency and safety / Rapik Saat Mohd, Barkan Christopher P. L. // Journal of Hazardous Materials. – 2011. – Vol. 189. – issues 1–2, 15. – P. 62–68.

С. В. БЕСПАЛЬКО¹, В. І. БОГАЧЕВ^{2*}

¹Каф. «Вагони та вагонне господарство», Федеральна державна бюджетна освітня установа вищої професійної освіти «Московський державний університет шляхів сполучення», вул. Образцова, д. 9, стр 9, Москва, Росія, 127994, ел. пошта bespalco@hotmail.com.

^{2*}Каф. «Вагони та вагонне господарство», Федеральна державна бюджетна освітня установа вищої професійної освіти «Московський державний університет шляхів сполучення», вул. Образцова, д. 9, стр 9, Москва, Росія, 127994, ел. пошта vy-bogachev@yandex.ru

РУХОМИЙ СКЛАД ЗАЛІЗНИЦЬ І ТЯГА ПОЇЗДІВ

ОЦІНКА ВПЛИВУ ПАРАМЕТРІВ ДНИЩА НА НАПРУЖЕНИЙ СТАН КОТЛА ЦИСТЕРНИ

Мета. Визначити таке значення вильоту днища, при якому забезпечується максимальна вантажопідйомність вагона-цистерни при задоволенні умов міцності котла. **Методика.** Рішення поставленої задачі виконувалося з використанням спеціалізованого програмного комплексу NASTRAN. Розрахункова схема являє собою звичайно-елементну модель котла залізничної чотирьохвісної цистерни моделі 15-1443. Навантаження в розрахунковій схемі було представлено у вигляді тиску, значення якого приймалося рівним 0,4 МПа. Визначається напружений стан моделі котла. Величина вильоту днища котла змінювалася в межах від 0,2 м до 1,5 м. **Результати.** З умови міцності раціональне значення вильоту складало 0,47 м. При цьому значенні вильоту днища можливо поліпшити параметри базової цистерни: збільшити обсяг котла і підвищити вантажопідйомність на 0,7 т. Досліджено можливість додаткового збільшення обсягу котла і вантажопідйомності за рахунок збільшення товщини листів днища до 13 мм. У цьому випадку оптимальним варіантом слід визнати днище з вильотом 0,4 м. Вантажопідйомність цистерни з таким днищем перевищила вантажопідйомність базової цистерни на 1 т. **Наукова новизна.** У статті пропонується спосіб розрахункового обґрунтування збільшення обсягу котла вагона-цистерни. Збільшення обсягу, а отже, і вантажопідйомності, дозволяє підвищити продуктивність вагона. За результатами розрахунків отримано залежність максимальних еквівалентних напружень від вильоту днища. **Практична значимість.** Показано, що зменшення вильоту днища при задоволенні умов міцності котла дозволить поліпшити параметри існуючої моделі залізничної цистерни. Результати можуть бути використані при проектуванні нових цистерн.

Ключові слова: цистерна; котел; виліт днища; вантажопідйомність; метод кінцевих елементів

S. V. BESPALKO¹, V. I. BOGACHEV^{2*}

¹ Department of «Wagons», Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Obratzsova Str. 9, bld.9, Moscow, Russia, 127994, e-mail bespalco@hotmail.ru

^{2*} Department of «Wagons», Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Obratzsova Str. 9, bld.9, Moscow, Russia, 127994, e-mail vy-bogachev@yandex.ru

TANK HEAD PARAMETERS ASSESSMENT OF INFLUENCE ON TANK CAR BOILER STRESS AND STRAIN STATE

Purpose. The purpose of the investigation is to estimate such value of a tank head depth wherein the maximum capacity of vehicle is provided and a tank vessel durability meets the requirements. **Methodology.** The problem solution was carried out with using the finite element analysis program NASTRAN. The finite element model is a tank shell of the railway eight-wheel tank car of model 15-1443. The load was presented as pressure. The value was accepted equal 0,4 MPa. The finite element model strain-stress state was analyzed. The tank head depth changed ranging from 0,2 m to 1,5 m. **Findings.** The rational tank head depth was 0,47 m from the tank vessel durability condition. This allows to improve the basic tank car parameters. It means to increase the tank vessel volume and to increase the capacity at 0,7 ton. Authors has investigated that an additional increase of the tank vessel volume and the vehicle capacity can be achieved when the tank head sheets thickness as high as 13 mm. In this case it is necessary to recognize that the rational tank head depth is 0,4 m. Tank capacity can be increase at 1 ton. **Originality.** This paper presents the method of analysis of the tank car volume increase. The tank car volume increase and thus a capacity of vehicle increase allows to improve the car productiveness. Calculations results allow to give the dependence of the maximum equivalent stresses in a tank head which the depth of the one change. **Practical value.** It is shown that the tank head depth reduction will allow to improve parameters of the existing railway tank when the tank vessel durability meets the requirements. Investigation results can be used when new tank cars are designed.

Keywords: tank; boiler; tank head depth; capacity of vehicle; finite element method

REFERENCES

1. Kozlov M.P. Opredeleniye napryazheniy v obolochkakh tsilindricheskikh chastey kotlov tsistern [Stress calculation in the shells of cylindrical parts of tank-cars boilers]. *Transport Urala - Transport of the Urals*, 2009, no. 3 (22), pp. 71-76.
2. Medvedev V.P. *Issledovaniye prochnostnykh kharakteristik slozhnykh obolochek vrashcheniya, primenyaemykh v tsisternostroyenii*. Kand., Diss. [Research of strength characteristics of complex rotational shells applied in a tank car building. Cand. Diss]. Moscow, 1972. 215 p.
3. Bogomaz G.I., Naumenko N.E., Pshinko A.N., Myamlin C.V. *Nagruzhenost vagonov-tsistern pri perekhodnykh rezhimakh dvizheniya poyezdov* [Tank Car Loading in Transition Regimes of Train Operation]. Kyiv, Naukova Dumka Publ., 2010. 215 p.
4. *Normy dlya rascheta i proyektirovaniya vagonov zheleznykh dorog MPS kolei 1520 mm (nesamokhodnykh)* [Requirements of the calculation and the design of cars for railways with the gauge equal to 1520 mm from Ministry of Railways of the Russian Federation (for unpowered cars)]. Moscow, GosNIIV-VNIIZhT Publ., 1996. 319 p.
5. Pavlyuchenkov M.V. Vliyaniye nachalnykh nesovershenstv kotlov zheleznodorozhnykh tsistern na ikh napryazhenno-deformirovannoye sostoyaniye (The impact of the railway tank cars boilers initial imperfection on its stress and strain state). *Zbirnik naukovykh prats Ukrainskoi derzhavnoi akademii zaliznichnoho transportu - Proc. of Ukraine State Academy of Railway Transport*, 2011, issue 123. pp. 136-141. Available at: http://www.nbu.gov.ua/portal/natural/Znpudazt/2011_123/n123-136.pdf (Accessed 20 May 2012).
6. Putyato A.V. Raschet na prochnost kotla vagona-tsisterny s uchetom resheniya zadachi gidrouprugosti (The strength analysis of the tank car boiler including a solution of the hydro elasticity problem). *Zbirnik naukovykh prats Ukrainskoi derzhavnoi akademii zaliznichnoho transportu – Proc. of Ukraine State Academy of Railway Transport*, 2009, issue 108. pp. 115 -120. Available at: http://www.nbu.gov.ua/portal/natural/Znpudazt/2009_108/n108-115.pdf (Accessed 20 May 2012).
7. Putyato A.V. Sovershenstvovaniye elementov konstruktsiy vagona-tsisterny s uchetom vzaimodeystviya s perevozimym zhidkim gruzom [Perfection of elements of designs of the tankcar taking into account interacting with a transported liquid cargo]. *Sovremennyye tekhnologii. Sistemnyy analiz. Modelirovaniye – Modern technologies. System analysis. Modeling*, 2010, no. 1 (25), pp. 113-122.
8. Rychkov S.P. *MSC.visualNASTRAN dlya Windows* [MSC.visualNASTRAN for Windows]. Moscow, NT Press Publ., 2004. 552 p.
9. Mohd Rapik Saat, Christopher P.L. Barkan Generalized railway tank car safety design optimization for hazardous materials transport: Addressing the trade-off between transportation efficiency and safety. *Journal of Hazardous Materials*, 2011, vol. 189, issues 1–2, 15, pp. 62-68.

Стаття рекомендована к публікації д.т.н., проф. А. В. Третьяковым (Россия); д.т.н., проф. В. Л. Горбцом (Украина)

Поступила в редколлегию 04.12.2012

Принята к печати 22.02.2013

РУХОМИЙ СКЛАД ЗАЛІЗНИЦЬ І ТЯГА ПОЇЗДІВ

УДК 625.1

І. О. БОНДАРЕНКО¹, Д. М. КУРГАН^{2*}¹Каф. «Колія та колійне господарство», Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, 49010, Дніпропетровськ, Україна^{2*}Каф. «Колія та колійне господарство», Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, 49010, Дніпропетровськ, Україна, тел. +38 (056) 373 15 42, ел. пошта kurgan@brailsys.com

ВИРІШЕННЯ ЗАДАЧ НАДІЙНОСТІ СИСТЕМИ НА ОСНОВІ МОДЕЛЮВАННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМАЦІЙНОГО СТАНУ ЗАЛІЗНИЧНОЇ КОЛІЇ ЗАСОБАМИ ТЕОРІЇ РОЗПОВСЮДЖЕННЯ ПРУЖНИХ ХВИЛЬ

Мета. Провести аналіз можливостей існуючих практичних методів розрахунку колії на міцність і їх порівняння з запропонованим методом розрахунку засобами теорії розповсюдження пружних хвиль. **Методика.** Застосовано аналітичний метод складання та розв'язання рівнянь напруженого стану елементів залізничної колії за різними методиками з огляду на питання, що можуть вирішуватися. Використано метод моделювання при створенні певної моделі залізничної колії. **Результати.** Рівняння, що описують напружений стан елементів залізничної колії, в первинному вигляді мають диференційні складові для врахування часу та динамічного навантаження. Але для вирішення більшості задач вони суттєво спрощуються – складні залежності замінюються емпіричними коефіцієнтами, деякими показниками просто нехтують. Показано межі застосування розрахунків, що накладають на них певні допущення. В якості альтернативи наведено можливість створення моделі залізничної колії на основі теорії розповсюдження пружних хвиль. Тоді час дії напружень, задіяна маса та інші показники підпорядковані фронту розповсюдження хвиль, а рівняння рівноваги базуються на динамічному представленні теорії пружності. **Наукова новизна.** Обґрунтовано загальні принципи формування моделі залізничної колії на основі теорії розповсюдження пружних хвиль в якості альтернативи рівнянь, що мають диференційні складові для врахування часу та динамічного навантаження. **Практична значимість.** Дані розробки можуть використовуватися як інструмент для вирішення задач, пов'язаних із надійністю залізничної колії.

Ключові слова: надійність; напруження; хвиля; пружність; колія

Вступ

В практиці ведення колійного господарства доводиться постійно вирішувати задачі, що пов'язані з теорією надійності: визначення міжремонтних термінів, облік впливу на них різних факторів, визначення періодичності контролю стану колії, прогнозування термінів служби елементів колії при різних умовах експлуатації та ін. Параметри, за якими визначається витривалість роботи будь-якого об'єкту – це амплітуди коливань, асиметричний цикл напружень, кількість циклів навантаження, пружні та залишкові переміщення тощо.

Мета

Щоб вести розробки в цьому напрямку необхідно мати відповідний розрахунковий інструмент. Для вирішення більшості задач на-

дійності залізничної колії недостатньо визначати тільки максимально вірогідні сили та напруження. Для оцінки накопичення деформацій втоми треба розглядати процес виникнення і затухання напружень, їх розповсюдження у товщі підрейкової основи в часі, вібраційну дію, амплітудно-частотні характеристики. Виникає необхідність вивчення коливань системи тіл, як одного з основних факторів, що впливають на безвідмовну експлуатацію конструкції колії та її споруд. Існуючі моделі взаємодії колії і рухомого складу достатньо повно описують процес статичного і квазістатичного навантаження конструкції, однак такий підхід не дає можливості дослідження динамічних ефектів пов'язаних з рухомими швидкісними навантаженнями. На сьогоднішній час майже відсутні готові математичні моделі для вирішення подібних задач, особливо в загальній постановці, що пояснюється складністю їх створення.

РУХОМИЙ СКЛАД ЗАЛІЗНИЦЬ І ТЯГА ПОЇЗДІВ

Однак використання сучасних аналітично-чисельних методів у поєднанні з потужною обчислювальною технікою відкриває нові можливості.

Методи

Розглянемо основні принципи та можливості моделювання роботи елементів залізничної колії для аналітичних розрахунків.

Рейка

Точність рішення задачі о коливаннях рейки і шпали під дією поїзного навантаження залежить перш за все від вибору розрахункової схеми і точності вихідних даних [5].

В сучасних аналітичних розрахункових схемах рейка розглядається як балка, яка опирається на рівнопружну основу. В залежності від задачі, яка вирішується, і можливості спрощення розрахунків шляхом нехтування тих чи інших параметрів, можливі деякі варіації у представленні такого рівняння. Опис таких розрахункових схем розглянуто у великій кількості джерел. Один з найповних виглядів наводиться, наприклад, у [5]

$$m \frac{d^2 y}{dt^2} + EI \frac{d^4 y}{dz^4} + \frac{d}{dz} \left(H \frac{dy}{dz} \right) + Uy + I_0 \frac{d^4 y}{dz^2 dt^2} = P(z, t), \quad (1)$$

де m – приведена вага рейки;

EI – жорсткість рейки на прогин;

H – поздовжня сила;

U – модуль пружності підрейкової основи;

I_0 – момент інерції одиниці довжини рейки відносно центральної вісі перпендикулярної до площини коливань;

$P(z, t)$ – розподілене вертикальне рухоме навантаження.

В якості альтернативи розглянемо застосування хвильової моделі розповсюдження напружень [8, 7], тоді залізнична колія розглядається як просторова система об'єктів, які характеризуються геометричними розмірами і фізичними властивостями, що визначають швидкості розповсюдження хвиль та параметри деформацій пружності і здвигу [2]. Фронт розповсюдження напружень буде визначатися рівнянням

$$\begin{cases} (x, y, z) \in A(t) \left| \rho \frac{\partial^2 \Delta}{\partial t^2} = (\lambda + 2\mu) \nabla^2 \Delta; \right. \\ A(t) \subset \Omega \end{cases}, \quad (2)$$

де ∇^2 визначає оператор $\left(\frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2} \right)$;

(x, y, z) – геометричне місце точки фронту хвилі;

$A(t)$ – множина точок, що на момент часу t визначають межі розповсюдження хвилі;

ρ – щільність речовини;

Δ – об'ємне поширення;

λ, μ – постійні Ляме;

Ω – простір, обмежений поверхнею тіла.

Для визначення деформацій і відповідних напружень об'єкт поділяється на набір сегментів

$$B_i = A(t) \setminus A(t - \delta t). \quad (3)$$

Тоді загальне рівняння для опису напружено-деформованого стану об'єкту буде мати вигляд

$$\begin{aligned} \forall B_i \left| \frac{d^2 u_{i0}}{dt^2} \int (m_{i\alpha} \cos^2 \alpha) d\alpha = \right. \\ = u_{(i-1)0} \int K \frac{S_{(i-1)\alpha} \cos^2 \alpha}{\Delta y_{(i-1)\alpha}} d\alpha - \\ \left. - u_{(i)0} \int K \frac{S_{(i)\alpha} \cos^2 \alpha}{\Delta y_{(i)\alpha}} d\alpha, \quad (4) \right. \end{aligned}$$

де u_{i0} – деформація сегменту;

Δy_i – товщина сегменту за напрямком дії сили;

$$K = \lambda + \frac{2}{3} \mu; \quad (5)$$

$$S_{i-1} = B_i \cap B_{i-1}; \quad (6)$$

$$m_i = V(B_i) \rho; \quad (7)$$

де $V(B_i)$ – об'єм сегменту;

Деякі параметри сегменту, що були названі, визначається інтегруванням з урахуванням їх зміни за напрямком α . Для напрямку, що співпадає з дією сили $\alpha = 0$. Для конкретного об'єкту системи межі інтегрування визначаються його геометрією – Ω (наприклад, для

РУХОМИЙ СКЛАД ЗАЛІЗНИЦЬ І ТЯГА ПОЇЗДІВ

напівпростору $\alpha \in \left[-\frac{\pi}{2}; \frac{\pi}{2}\right)$.

Для сегменту, на поверхню якого діє зовнішнє навантаження, перша складова правої частини рівняння (4) замінюється силою у вигляді $P = f(t)$.

На перший погляд рівняння (1) досить повно описує напружено-деформований стан рейки, навіть з урахуванням фактору часу, коливань рейки у вертикальній площині (y) та їх зміною по довжині рейки (z). Але слід розглянути кожен параметр, який використовується в ньому та його аналог при застосуванні хвильової моделі рейкової колії.

Приведена вага рейки (m). Взагалі мається на увазі та вага рейки, яка приймає участь у процесі взаємодії на даний момент часу при даному прогині рейки. Звісно вона постійно змінюється, але представлення її у вигляді $m = f(t)$ або $m = f(y)$ унеможливорює розв'язання рівняння (1). В деяких задачах вагою рейки (а найчастіше й інших елементів колії) просто нехтують [10, 4].

В хвильовій моделі для кожного моменту часу відомо фронт розповсюдження напружень, тому в розрахунках використовується відповідна вага як рейки, так і інших елементів колії у вигляді $m = f(t)$ – формула (7).

Повздовжня сила (H). Повздовжня сила може бути представлена у вигляді [6]

$$H = N + \int_{-\infty}^z W dz, \quad (8)$$

де N – повздовжня температурна сила;

W – розподілений пружний опір повздовжньому переміщенню рейки.

Враховуючи те, що повздовжня сила $H(z)$ змінюється дуже повільно у порівнянні з функцією $y(z, t)$ її можна прийняти постійною [5]. Для вирішення більшості задач роботи колії у вертикальній площині повздовжня сила не враховується. Насамперед її визначення необхідно для задач стійкості колії проти викиду, але їх вирішення потребує інших розрахункових схем, в яких розглядається рівновага рейкошпальної решітки. Наприклад, один з варіантів такої розрахункової схеми за методикою проф. С. П. Першина описано в [1].

Принципи побудови хвильової моделі колії

не суперечать врахуванню й повздовжньої сили, так як залізнична колія розглядається у вигляді просторової системи, то сили можуть бути прикладені у будь-якому напрямку. Крім того поздовжній опір переміщенню рейки може бути враховано саме на тих ділянках рейки, які намагаються поздовжньо рухатися і з відповідним значенням.

Модуль пружності підрейкової основи U .

Під модулем пружності в рівнянні (1) мається на увазі рівномірно розподілена жорсткість підрейкової основи. Від значення цього показника значно залежать результати розрахунків – й прогини, й напруження. Треба відокремлювати модуль пружності в точці під рейкою (якщо вважати, що рейка опирається на окремі опори – саме його значення буде отримано, якщо статично навантажувати рейку й вимірювати прогин) та модуль пружності по довжині рейки (якщо вважати, що рейка опирається на безперервну пружну основу), а також відокремлювати статичний і динамічний модуль пружності. Для рівняння (1) потрібен саме динамічний модуль пружності. При цьому доцільно враховувати, що він не є постійною величиною, а змінюється як від прогину рейки (причому нелінійно, тому доцільніше говорити про його зміну в часі в процесі коливань рейки), так і по довжині: $U = f(t, z)$. Але у такому вигляді не тільки ускладнюються розрахунки, але й постає питання правильного завдання модуля пружності у вихідних даних.

На сьогодні існує декілька доволі різних засобів натурних вимірів модуля пружності підрейкової основи, але вони мають ти чи інші недоліки. Напевно, одним з перспективних можна вважати метод розрахунку модуля пружності за результатами експериментальних вимірів розподілу напружень по довжині рейки від руху поїзду [3], що дає змогу отримувати значення розподілене по деякій ділянці і визначене від динамічного навантаження.

Питання з правильного врахування і вимірювання модуля пружності перш за все пов'язані зі складністю фізичного процесу що відбувається. На модуль пружності підрейкової основи впливають властивості елементів колії: підкладка, шпала, баласт, земляне полотно (звісно, для різних конструкцій колії цей список може мати від'ємності). Його значення складається з жорсткості кожного з названих елементів, але не в рівній мірі, а з урахуванням їх

РУХОМИЙ СКЛАД ЗАЛІЗНИЦЬ І ТЯГА ПОЇЗДІВ

вкладу у загальну деформацію на дану мить дії. Саме ступень їх вкладу буде суттєво залежати від динаміки процесу. Напевно, що чим меншу жорсткість має шар, тим більша частина прогину буде реалізовуватися саме за рахунок його деформації. Наприклад, в [9] висловлюється таке співвідношення деформацій шарів підрейкової основи: рейка – 0,2%, прокладка – 34%, залізобетонна шпала – 0,8%, баласт – 22%, земляне полотно – 43%. Але деформації від навантаження на рейку розповсюджуються не миттєво, і поки у процес увійде найменш жорсткий шар (земляне полотно) до взаємодії (теж поступово у часі) будуть вже залучені й інші елементи. Це спричинить зміну значення модуля пружності в часі в досить значних межах. А якщо навантаження діє недовгий час (достатньо велика швидкість руху), то значення модуля пружності може й не встигнути набутися меж, які б відповідали стану урівноважених деформацій усіх шарів.

При застосуванні хвильової теорії модуль пружності підрейкової основи як такий взагалі не використовується. Зв'язок між силами і деформаціями здійснюється через коефіцієнти передачі енергії (λ , μ). Таким чином пружна деформація враховується комплексно у всіх напрямках, а не тільки вертикальна або у кожному напрямку окремо. Крім того отримується динамічний опір, який враховує які саме об'єкти, і навіть які їх частини, беруть участь у взаємодії. Як наслідок, результатом розрахунків є не деформація об'єкта в цілому, а її розповсюдження в тілі об'єкта (з урахуванням його поділення на сегменти – формула (3)), що дає змогу отримувати не тільки осьові напруження на поверхнях контакту об'єктів, а й в будь-якій точці системи. Окремо слід зазначити, що хвильова модель враховує не тільки «пряме» розповсюдження напружень від прикладеного навантаження, а й відбиття хвиль від поверхні контакту об'єктів з різними фізичними властивостями, що дає змогу аналітично отримати адекватний інструмент формування пружної динамічної деформації.

Жорсткість рейки на прогин (EI). Параметр, необхідний для розглядання рейки як балки без конкретних геометричних розмірів (вони зведені до моменту інерції). Як результат – напруження на поверхні по осі дії сили через визначення згинального моменту (єдиного для перерізу рейки).

В хвильовій моделі опрацьовується реаль-

ний геометричний обрис об'єкту, який задається множиною Ω . Математично для опису множини Ω можуть застосовуватися різні засоби в залежності від інструменту, який використовується для розв'язання рівняння (2). Такий підхід дає змогу визначати напруження в будь-якій точці об'єкту.

Момент інерції одиниці довжини рейки відносно центральної вісі перпендикулярної до площини коливань (I_0). Як правило, інерцією обертання нехтують, так як довжина балки (рейки) суттєво перевищує її поперечні розміри. Враховуючи те, що в хвильовій моделі до розрахунку береться дійсний геометричний обрис об'єкта, немає необхідності у використанні таких приведених параметрів як моменти інерції відносно будь-яких напрямків.

Зовнішнє навантаження ($P(z, t)$). Рівняння (1) дає змогу задавати зовнішнє навантаження у вигляді сили, як прикладеної в точці, так і рівномірно розподіленої по довжині рейки. Можна враховувати, що сила змінюється у часі по гармонічному закону, хоча це значно ускладнює математичний апарат для виконання розрахунків. Більшість задач вирішується для постійного значення сили, під яким мається на увазі максимально вірогідне навантаження, яке складається зі статистичної суми динамічно залежних складових [10, 4]. Але в будь-якому разі це повинна бути вертикальна сила, прикладена по осі балки (рейки). Врахування сумісної дії декількох сил (наприклад, одночасна дія на рейку декількох коліс) може бути отримано тільки попереднім приведенням їх до однієї.

Хвильова модель залізничної колії може бути представлена в трьохмірному виміру з рівноцінними можливостями розрахунків для будь-якої просторової орієнтації об'єктів. Це дає змогу прикладати навантаження у вільному напрямку і в будь-якому місці. Завдання сили у вигляді функції від часу, а також врахування зміни у часі місця і напрямку її дії (наприклад, рух колеса по рейці) не суперечить рівнянням (2) і (4). Також, зі сторони фізикоматематичного апарату немає обмежень на кількість сил, що прикладаються до системи. Є змога оцінювати дію на залізничну колію не тільки системи коліс, що рухаються по одній рейковій нитці, а й по двом рейкам з урахуванням їх сумісного впливу.

Якщо для рівняння (1) прийняти низьку

РУХОМИЙ СКЛАД ЗАЛІЗНИЦЬ І ТЯГА ПОЇЗДІВ

спрощень: $m = 0$, $H = 0$, $I_0 = 0$ і, навіть, $P = 0$, отримаємо диференціальне рівняння прогину балки (рейки), яке використовується для сучасних розрахунків колії на міцність

$$EI \frac{d^4 y}{dz^4} + Uy = 0, \quad (9)$$

або у більш звичному вигляді

$$\frac{d^4 y}{dz^4} + 4k^4 y = 0, \quad (10)$$

де $k = \sqrt[4]{\frac{U}{4EI}}$ – коефіцієнт відносної жорсткості.

Рівняння (9) може бути отримано й базуючись на опорі матеріалів, виходячи з математично можливої форми вісі вигнутої балки, взагалі без розглядання динаміки процесу. Таким чином воно дає загальний опис форми балки по довжині, яка була вигнута (не важливо яким чином, так як $P = 0$), і якій не дає випрямитися опір основи (причому не тільки вниз, а й вверх – ще одне припущення). Зв'язок між силою і прогином відновлюється при визначенні граничних умов для інтегрування рівняння (10) – виходячи з опорі матеріалів приймається, що поперечна сила в перерізі балки дорівнює половині зовнішньої зосередженої сили в місці її прикладення.

Рівняння (10) є базовим для «Правил розрахунку на міцність» [4]. Треба зазначити, що воно адекватно вирішує поставлену задачу – визначення максимально вірогідних осьових напружень. Але від динамічної природи процесу взаємодії рухомого складу й рейки в ньому майже нічого не залишилося, і його використання для інших задач у такому або навіть зміненому вигляді потребує ретельного аналізу.

Шпали

Вертикальні коливання шпали можуть бути описані диференціальним рівнянням, близьким по структурі до рівняння (1) [5]

$$m_{ш} \frac{d^2 y_{ш}}{dt^2} + (C_{ск} + C_{ш}) y_{ш} = C_{ск} y_p, \quad (11)$$

де $m_{ш}$ – вага напівшпали;

$y_{ш}$ – пружна деформація шпали;

$C_{ск}$ – жорсткість вузла скріплення;

$C_{ш}$ – жорсткість шпали;

y_p – прогин рейки.

Напруження в шпалі під підкладкою визначаються за формулою

$$\sigma_{ш}(t) = \frac{Q_{ш}(t)}{F_n}, \quad (12)$$

де F_n – площа підкладки;

$Q_{ш}(t)$ – сила тиску колеса на напівшпалу (крізь рейку)

$$Q_{ш}(t) = C_{ск} [y_p(t) - y_{ш}(t)]. \quad (13)$$

Напруження на поверхні баласту під шпалою

$$\sigma_{\delta}(t) = \frac{Q_{\delta}(t)}{F_{ш} \alpha}, \quad (14)$$

де $F_{ш}$ – площа підшви напівшпали;

α – коефіцієнт вигину шпали.

$Q_{\delta}(t)$ – сила, що діє від шпали на поверхню баласту

$$Q_{\delta}(t) = C_{ш} y_{ш}(t). \quad (15)$$

Проаналізуємо рівняння наведені для розрахунку деформовано-напруженого стану шпали.

Говорячи про напруження в шпалі під підкладкою і в баласті під шпалою (формули (12) і (14)) маються на увазі напруження, що діють по осі сили прикладеної до рейки (по осі рейки), крім того вважається, що визначені таким чином напруження рівномірно розподілені по площі, на якій вони діють – по площі підкладки або по площі напівшпали відповідно. Якщо прийняти до увазі відносно невелику площу підкладки, то таке припущення можна вважати прийнятним, але припущення про рівномірність напружень на поверхні баласту під всією площею напівшпали суттєво відрізняє результат від дійсності. Часткове це намагаються компенсувати через коефіцієнт вигину шпали α (враховує нерівномірність напружень по довжині шпали) і коефіцієнт m , який в «Правилах розрахунків на міцність» [4] враховує нерівномірність напружень під підшвою шпали по її ширині (використовується для визначення напружень в товщі баласту)

$$m = \frac{0,873}{\sigma_B + 0,427} \geq 1. \quad (16)$$

Звісно такі підходи не враховують динаміку процесу і не дають змогу визначати розподіл напружень по площі їх дії.

Для більшості розрахунків вагою шпали (як і рейки) нехтують. В такому випадку

РУХОМИЙ СКЛАД ЗАЛІЗНИЦЬ І ТЯГА ПОЇЗДІВ

залишки рівняння (11) визначають рівність між силами $Q_{ш}(t)$ (формула (13)) і $Q_o(t)$ (формула (15)). Можна говорити, що це сила, яка діє від рейки на окрему опору (шпалу). Вона може бути визначена за формулою [4]

$$Q = Uy_p l, \quad (17)$$

де l – відстань між осями шпал (опорами) – дає змогу перейти від схеми обпирання рейки на сполосну рівнопружну основу з рівномірно розподіленим модулем пружності, що використовується у рівнянні (1), до схеми обпирання рейки на окремі рівнопружні опори з модулем пружності в точці.

З цього виходить, що шпала працює як абсолютно жорстке тіло – передає крізь себе силу від рейки на баласт не змінюючи її, тобто без пружної обробки, і рухається у вертикальній площині на величину, рівну прогину рейки. Також це приводить до нехтування на даному етапі розрахунку жорсткостями скріплення ($C_{ск}$) і шпали ($C_{ш}$), залишається тільки вважати, що вони в якомусь вигляді входять до загального модуля пружності підрейкової основи у рівнянні (1).

При використанні хвильової моделі залізничної колії шпала (а точніше декілька шпал в залежності від довжини колії, що розглядається) описується як і всі інші об'єкти, у тому числі й рейка. Це дає змогу отримувати в будь якій точці шпали як по довжині (ширині), так і по товщині напруження і їх зміну у часі. При цьому такі параметри, як коефіцієнт згину шпали, жорсткості скріплення та шпали взагалі не використовуються.

Однак, якщо говорити про опис взаємодії шпали і баласту у хвильовій моделі, треба звернути увагу на деякі особливості. В процесі переходу фронту напружень від шпали до баласту площа їх взаємодії буде змінюватись у часі (зростати від точки до всієї поверхні підосви шпали). З першої миті такої взаємодії напруження почнуть розповсюджуватися у товщі баласту з різними швидкостями у різних напрямках відповідно до коефіцієнтів передачі енергії (λ , μ) і умов рівняння (2). Але швидкість їх розповсюдження по поверхні баласту буде суттєво менше швидкості зростання площі, по якій напруження передаються від шпали на баласт. Це приводить до появи в баласті «воронки» для опису якої розв'язання рівняння (2) повинно наводитись в більш загальній формі у порів-

нянні з класичним описом розповсюдження просторової хвилі у вигляді двовісної сфери. Приклад фронту напружень в баласті у вигляді такої «воронки» показано на рис. 1. Для не зашарашування малюнка показано результат для максимально спрощеного розрахунку – подинка вертикальна сила прикладена до прямокутника з властивостями залізобетонної шпали, який опирається на прямокутник з властивостями баласту без врахування відбиття хвиль.

Баласт

До теперішнього часу в нормативних документах напружений стан баласту визначається статичною основою на лінійних деформаціях моделлю ґрунту по схемі Буссінеска – Цитовича, в якій напруження в точці не залежать від фізико-механичних параметрів, а визначаються тільки її положенням. А саме фізико-механічні характеристики баласту, його вага, в'язкість, пружність визначають динамічну жорсткість баласту, яка різна в залежності від частоти силової дії [5].

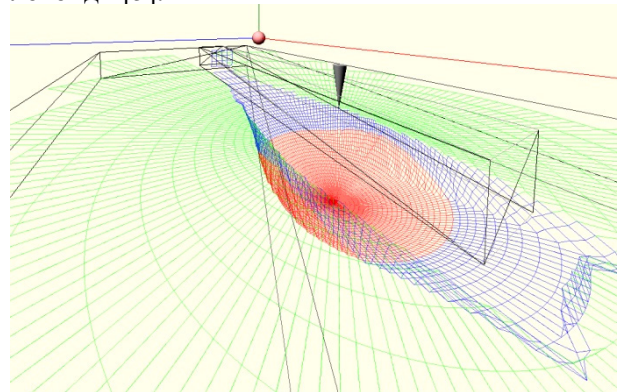


Рис. 1. Фронт розповсюдження напружень при переході від шпали до баласту (максимально спрощений варіант розрахунку)

Такий підхід можна вважати одним з класичних методів вирішення задачі розрахунку напружень в однорідному ізотропному напівпросторі від статичного навантаження. Для рівномірно розподіленого навантаження напруження в залежності від місця їх визначення можна обчислити за формулою відомою з загальної теорії пружності

$$\sigma_i = \frac{p}{\pi} \left[\beta_1 + \frac{1}{2} \sin 2\beta_1 - (\pm \beta_2) - \frac{1}{2} \sin (\pm 2\beta_2) \right],$$

де p – інтенсивність рівномірно розподіленого навантаження;

β_1 , β_2 – кути видимості показані на рис. 2, вони залежать від координат точки, в якій ви-

РУХОМИЙ СКЛАД ЗАЛІЗНИЦЬ І ТЯГА ПОЇЗДІВ

значається напруження.

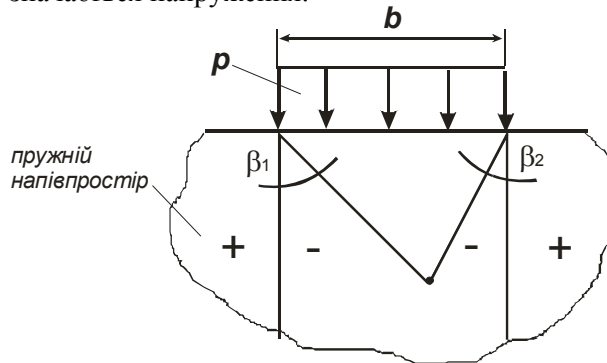


Рис. 2. Схема дії рівномірно розподіленого навантаження, яке прикладене на поверхні напівплощини

У «Практичних розрахунках колії на міцність» [4] для визначення напружень в товщі баласту використовується саме така методика, тільки напруження від шпали умовно розкладається на прямокутну і дві трикутні, а формула (18) має змінений вигляд, за рахунок того, що напруження знаходяться тільки по осі дії сили і замість кутів, після представлення їх функцій у вигляді рядів Фур'є, використовуються коефіцієнти C_1 і C_2 , які залежать від товщини баласту

$$\sigma_h = \sigma_\sigma r_1 [0,635mC_1 + 1,275(2-m)C_2], \quad (19)$$

де σ_σ – напруження в баласті під шпалою, дивись формулу (14);

m – коефіцієнт, що враховує зміну напружень по ширині шпали, див. формулу (16);

r_1 – емпіричний коефіцієнт, якій враховує малу величину товщини баласту у порівнянні з довжиною прикладання зовнішнього навантаження, його значення визначено для дерев'яної та залізобетонної шпали;

$$C_1 = \frac{b}{2h} - \frac{b^3}{24h^3}; \quad (20)$$

$$C_2 = \frac{bh}{b^2 + 4h^2}; \quad (21)$$

де b – довжина прикладання зовнішнього навантаження на баласт, у даному випадку – ширина підшви шпали;

h – товщина баласту, на якій розраховуються напруження.

Методика [4] також передбачає врахування напружень, які додаються від суміжних шпал відносно розрахункової.

Слід зазначити, що з точки зору теорії пружності результати розрахунків за формулою

(18), а відповідно і за формулою (19), тим ближче до експериментальних даних, чим більше товщина шару, і в загальні унеможливорює розрахунок, якщо ця товщина менше довжини зовнішнього навантаження. Якщо прийняти, що ширина нижньої постелі залізобетонної шпали 27,5 см, то маємо, що до цієї товщини баласту вказана методика не дає змоги визначити адекватні напруження, що, в загальні, має підтвердження за результатами експериментальних досліджень.

Результати

Найчастіше така методика використовується лише для визначення напружень, що діють під товщею баласту на основну площадку земляного полотна для оцінки дії від рухомого складу за критеріями міцності колії і недостатня для більш складних задач. Наприклад, утворення виплесків перш за все пов'язано з процесом динаміки зволоженого забруднювача під дією поїзного навантаження, тому математична модель повинна включати можливість розрахунків кінематичних параметрів деформації баласту. Удосконалення системи утримання залізничної колії і зокрема баластного шару потребує розробки методики прогнозування накопичування залишкових деформацій засміченого та зволоженого баласту різноманітної міцності та умов експлуатації [5].

На сьогодні з'являються пропозиції принципово інших моделей баласту, які базуються на розгляданні не суцільного тіла, а взаємодії множини окремих об'єктів (каменів щебеню). Але не зважаючи на уявну наближеність до фізики процесу й такі моделі не дали потрібних результатів, що пояснюється в першу чергу застосуванням складного математичного апарату з низькою припущень і неможливістю достатнього наближення вихідних даних до дійсного стану баласту.

При застосуванні хвильової моделі залізничної колії, баласт теж можна вважати найскладнішим об'єктом для моделювання серед інших елементів колії. Але хвильова модель дає змогу не змінюючи загальні принципи застосовувати опис баласту різного рівня в залежності від задачі, що вирішується. Баласт може бути представлений як однорідне (але вже не ізотропне) тіло або як набір тіл складених по довжині і (або) по глибині з характеристиками, що

РУХОМИЙ СКЛАД ЗАЛІЗНИЦЬ І ТЯГА ПОЇЗДІВ

поступово змінюються. Взагалі немає принципів заперечень й в рамках хвильової моделі скласти шар баласту з окремих щебінок, але не слід забувати, що за загальними законами математичного моделювання, надмірне зростання об'ємів системи приведе навпаки до погіршення її адекватності.

Навіть опис баласту як одного об'єкту в рамках хвильової моделі надає суттєві переваги. Це дає змогу отримувати напруження в будь-якій точці просторової моделі від динамічного навантаження з урахуванням обрисів зони контакту зі шпалою (передача навантаження) і зміни цього обриса в часі (дивись вище наведений опис моделювання роботи шпали). Також враховується швидкість розповсюдження напружень в баласті (а відповідно і їх зміна у часі) і виникнення відбитих хвиль напружень. Врахування різних швидкостей розповсюдження хвиль у різних напрямках дає змогу усереднити локальні неоднорідності середовища з точністю, достатній для більшості задач.

Можливість представляти баласт як поєднання декількох об'єктів з різними характеристиками дає змогу описувати наявність просадок, виплесків та інших неоднорідностей суттєвої протяжності.

Земляне полотно. Основні принципи розрахунку земляного полотна співпадають з методиками, наведеними для баласту. Можна зазначити, що земляне полотно краще відповідає теоретичним передумовам теорії пружності, як однорідний ізотропний напівпростір, у порівнянні з розглянутим баластом. Однак, враховуючи значні вертикальні розміри, для більшості розрахунків в якості додаткового навантаження враховується власна вага ґрунту, що знаходиться над місцем, для якого виконується розрахунок.

Висновки

1. Математичні моделі, які протягом тривалого часу стало звично застосовувати для опису напружено-деформованого стану залізничної колії, з одного боку є обґрунтованим компромісом між складністю й можливостями для певного переліку задач, але з іншого – мають чіткі межі застосування.

2. На сьогодні набирає все більшої актуальності ряд питань, які не можуть бути вирішені в рамках існуючих розрахункових методик, навіть шляхом їх удосконалення, а потребують

використання принципово нових підходів.

3. Застосування хвильової моделі залізничної колії дає наступні переваги: можливість задавати вихідні дані й отримувати рішення в повноцінній просторовій системі; відпадає необхідність у використанні таких неоднозначних характеристик, як приведена вага, модуль пружності підрейкової основи тощо; до системи прикладається декілька сил, які можуть змінюватися в часі як значення, так і положення; результати розрахунків можна отримувати в залежності від часу й координат; система може складатися з будь-якої кількості об'єктів, які мають різні характеристики, що дає змогу моделювати ділянки з різним станом та різною конструкцією.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бесстыковой путь и длинные рельсы / В. Г. Альбрехт, В. Н. Лященко, С. П. Першин, В. Я. Шульга. – М. : Транспорт, 1963. – 214 с.
2. Бондаренко, І. О. Застосування теорії розповсюдження пружних хвиль для вирішення задач напружено-деформаційного стану залізничної колії / І. О. Бондаренко, Д. М. Курган // Транспортні системи і технології : зб. наук. пр. ДЕТУТ. – К. : Вид-во ДЕТУТ, 2011. – Вип. 18. – С. 14–18.
3. Використання цифрової вимірювальної техніки для експериментальних досліджень взаємодії колії і рухомого складу / І. О. Бондаренко, Д. М. Курган, О. М. Патласов, В. Є. Савлук. // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Д. : ДНУЖТ, 2011. – Вип. 37. – С. 124–128.
4. Даніленко, Е. І. Правила розрахунків залізничної колії на міцність і стійкість : ЦП-0117 / Е. І. Даніленко, В. В. Рибкін. – К. : Транспорт України, 2004. – 64 с.
5. Карпущенко, Н. И. Виброзащитные конструкции пути для транспортных тоннелей и метрополитенов / Н. И. Карпущенко, А. В. Яковлев, Д. В. Величко, В. А. Гурский. – Новосибирск : Наука, 2011. – 200 с.
6. Коган, А. Я. Динамика пути и его взаимодействие с подвижным составом. – М. : Транспорт, 1997. – 326 с.
7. Кольский, Г. Волны напряжения в твердых телах / Г. Кольский. – М. : Изд-во иностранной лит., 1955. – 192 с.
8. Ландау, Л. Д. Теоретическая физика. Т. VII. Теория упругости / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. – М. : Наука, 1987. – 248 с.

РУХОМИЙ СКЛАД ЗАЛІЗНИЦЬ І ТЯГА ПОЇЗДІВ

9. Лихтбергер, Б. Справочник «Железнодорожный путь» / Б. Лихтбергер. – Гамбург : DVV Media Group GmbH, 2010. – 434 с.
10. Чернышов, М. А. Практические методы расчета пути / М. А. Чернышов. – М. : Транспорт, 1967. – 236 с.

И. А. БОНДАРЕНКО¹, Д. Н. КУРГАН^{2*}

¹Каф. «Путь и путевое хозяйство», Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, 49010, Днепропетровск, Украина

^{2*}Каф. «Путь и путевое хозяйство», Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, 49010, Днепропетровск, Украина, тел./факс. +38 (056) 373 15 42, ел. почта kurgan@brailsys.com

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПУТИ СРЕДСТВАМИ ТЕОРИИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ УПРУГИХ ВОЛН

Цель. Провести анализ возможностей существующих практических методов расчета пути на прочность и их сравнение с предложенным методом расчета средствами теории распространения упругих волн. **Методика.** Применен аналитический метод составления и решения уравнений напряженного состояния элементов железнодорожного пути по разным методикам, учитывая вопросы, которые могут быть решены. Использован метод моделирования при создании данной модели железнодорожного пути. **Результаты.** Уравнения, описывающие напряженное состояние элементов железнодорожного пути, в первоначальном виде имеют дифференциальные составляющие для учета времени и динамической нагрузки. Но для решения большинства задач они существенно упрощаются – сложные зависимости заменяются эмпирическими коэффициентами, некоторыми показателями просто пренебрегают. Указаны пределы применения расчетов, накладывающих на них определенные допущения. В качестве альтернативы приведены возможности создания модели железнодорожного пути на основе теории распространения упругих волн. Тогда время влияния напряжений, задействованная масса и другие показатели подчинены фронту распространения волн, а уравнение равновесия базируется на динамическом представлении теории упругости. **Научная новизна.** Обоснованы принципы формирования модели железнодорожного пути на основе теории распространения упругих волн в качестве альтернативы уравнений, имеющих дифференциальные составляющие для учета времени и динамической нагрузки. **Практическая значимость.** Данные разработки могут использоваться как инструмент для решения задач, связанных с надежностью железнодорожного пути.

Ключевые слова: надежность; напряжение; волна; упругость; путь

I. O. BONDARENKO¹, D. M. KURGAN^{2*}

¹Department of Railway and Railway's Facilities, the Dnepropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan, Lazaryan Str., 2, 49010, Dnepropetrovsk, Ukraine

^{2*}Department of Railway and Railway's Facilities, the Dnepropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan, Lazaryan Str., 2, 49010, Dnepropetrovsk, Ukraine, tel. +38 (056) 373 15 42, e-mail kurgan@brailsys.com

SOLUTION OF THE PROBLEMS OF SYSTEM RELIABILITY BY MODELING THE STRESS-STRAIN STATE OF RAIL TRACK USING THE THEORY OF ELASTIC WAVES PROPAGATION

Purpose: The analysis of opportunities of the current practical methods for the track strength calculation and their comparison with the proposed method of calculation using the theory of elastic waves propagation. **Methodology.** The analytical analysis of equations set-up and their solution of the stress state of the track elements by

РУХОМИЙ СКЛАД ЗАЛІЗНИЦЬ І ТЯГА ПОЇЗДІВ

different techniques is applied. Simulation method is used to create a model of railway track. **Findings.** Initially, the equations describing a stress state of the track elements have differential components for the time and dynamic loading accounting. However, for the majority of problems solving, they are significantly simplified – the difficult dependences are replaced with the empirical coefficients, some parameters are simply neglected. The limits of calculation applicability, imposed on them by certain admissions are resulted. The possibilities of the track model construction based on the theory of elastic waves propagation are given as an alternative. Then time of stress effect, the involved masses and other indicators are subordinated to the front of the waves propagation, and the balance equations are based on dynamic presentation of the elasticity theory. **Originality.** The general principles of track model formation based on the theory of elastic waves propagation as an alternative to the equations with differential components for time and dynamic loads accounting are proved. **Practical value.** These developments can be used as a tool for solving the problems related to the railway track reliability.

Keywords: reliability, stress, wave, elasticity, railway track

REFERENCES

1. Albrekht V.G., Lyashchenko V.N., Pershin S.P., Shulga V.Ya. *Besstykovoy put i dlinnye relsy* [Continuous welded rail track and long rails]. Moscow, Transport Publ., 1963. 214 p.
2. Bondarenko I.O., Kurhan D.M. Zastosuvannia teorii rozpovsiudzhennia pruzhnykh khvyl dla vyrishennia zadach napruzhenno-deformatsiinoho stanu zaliznychnoi kolii [Application of the elastic wave propagation theory for the solution of tasks of the railway track deflected mode]. *Zbirnyk naukovykh prats Derzhavnoho ekonomiko-tehnologichnoho universytetu transportu "Transportni systemy i tekhnologii"* [Proceedings of the State Economic and Technologic Transport University "transport systems and Tecnology"], 2011, issue 18, pp. 14-18.
3. Bondarenko I.O., Kurhan D.M., Patlasov O.M., Savluk V.Ye. Vykorystannia tsyfrovoy vymiriuvainoi tekhniki dla eksperymentalnykh doslidzen vzaємodii kolii i rukhomoho skladu [The use of measurement technology for experimental research of the track and rolling stock interaction] *Visnyk Dnipropetrovskoho natsionalnoho universytetu zaliznychnoho transportu imeni akademika V. Lazariana* [Bulletin of Dnipropetrovsk National University named after Academician V. Lazaryan], 2011, issue 37, pp. 124-128.
4. Danilenko, E.I., Rybkin V.V., Danilenko E.I. *TsP-0117. Pravyla rozrakhunkiv zaliznychnoi kolii na mitsnist i stiiikist* [TsP-0117. The computations rules of the railway track for strength and stability]. Kyiv, Transport Ukrainy Publ., 2004. 64 p.
5. Karpushchenko N.I., Yakovlev A.V., Velichko D.V., Gurskiy V.A. *Vibrozhachitnyye konstruksii puti dlya transportnykh tonneley i metropolitenov* [Vibroprotective track constructions for transport tunnel and undergrounds]. Novosibirsk Nauka Publ., 2011. 200 p.
6. Kogan A.Ya. *Dinamika puti i yego vzaimodeystviye s podvizhnym sostavom* [Railway track dynamics and its intreraction with the rolling stock]. Moscow, Transport Publ., 1997. 326 p.
7. Kolskiy G. *Volny napryazheniya v tverdykh telakh* [Stress waves in the solid body]. Moscow, Izd-vo inostrannoy lit. Publ., 1955. 192 p.
8. Landau L.D., Lifshits L.D. *Teoreticheskaya fizika. T. VII. Teoriya uprugosti* (Theoretical physics. Vol. VII. Elastic theory), Moscow, Nauka Publ., 1987. 248 p.
9. Likhtberger B. *«Zheleznodorozhnyy put»* [Railway track]. Gamburg, DVV Media Group GmbH Publ., 2010. 434 p.
10. Chernyshov M.A. *Prakticheskiye metody rascheta puti* [Practical method of the track computation]. Moscow, Transport Publ., 1967. 236 p.

Стаття рекомендована до публікації д.т.н., проф. В. В. Рибкіним (Україна); д.т.н., проф. Д. В. Лаухіним (Україна)

Надійшла до редколегії 06.12.2012

Прийнята до друку 22.02.2013

РУХОМИЙ СКЛАД ЗАЛІЗНИЦЬ І ТЯГА ПОЇЗДІВ

УДК 629.46.016:625.1.032.8

А. Н. КОМАРОВА^{1*}, Ю. П. БОРОНЕНКО²

^{1*} Каф. «Вагоны и вагонное хозяйство», Петербургский государственный университет путей сообщения, Московский проспект, 9, Санкт-Петербург, Россия, 190031, тел./факс 8 (812) 335 69 07 доб. 256, эл. почта An-komarova@mail.ru

² Каф. «Вагоны и вагонное хозяйство», Петербургский государственный университет путей сообщения, Московский проспект, 9, Санкт-Петербург, Россия, 190031, эл. почта boron49@yandex.ru

ОЦЕНКА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ НЕТЯГОВОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

Цель. Одним из приоритетных направлений совершенствования перевозочного процесса железнодорожным транспортом является повышение его энергоэффективности. Предварительная количественная оценка величины сопротивления от сил крипа грузового вагона, определение влияния демпфирования на величину мощности силы сопротивления движению в резонансных режимах. **Методика.** Исследование проводилось методом математического моделирования в программном комплексе MEDYNA и аналитическим методом. **Результаты.** Энергозатраты на преодоление сопротивления от сил крипа составляют значительную часть в общих энергозатратах на преодоление сопротивления движению; в резонансных режимах происходит резкое увеличение потребляемой мощности, на её величину оказывает значительное влияние величина демпфирования. **Научная новизна.** Установлено, что энергозатраты на преодоление сопротивления от сил крипа составляют значительную часть в общих энергозатратах на преодоление сопротивления движению, особенно в резонансных режимах. **Практическая значимость.** Результаты работы могут быть применены для разработки математической модели вагона и методики оценки сопротивления движению, учитывающих сопротивление от сил крипа и диссипацию энергии в окружающую среду в подвешивании.

Ключевые слова: энергоэффективность; энергопотери; сопротивление движению; силы крипа; резонансная скорость

Введение

Одним из приоритетных направлений совершенствования перевозочного процесса железнодорожным транспортом является повышение его энергоэффективности.

Под энергоэффективностью понимается результативность преобразования энергии в полезную работу, которая зависит от величины энергопотерь в системе. Оценка энергоэффективности вагонов заключается в определении величины потерь при его передвижении, т.е. определении его сопротивления движению.

Цель

Сопротивление движению принято разделять на основное, всегда сопровождающее поезд (вагон) при движении и дополнительное сопротивление, возникающее при определенных условиях (при движении в кривых, на спусках, подъемах, при трогании с места). Основное сопротивление движению представляют в виде суммы шести его составляющих: трение в буксовых подшипниках, трение качения ко-

лес по рельсам, трение скольжения колес по рельсам, сопротивление от рассеяния энергии в пути и сопротивление от рассеяния энергии в окружающую среду и аэродинамическое сопротивление.

Методы

Анализ структуры основного сопротивления четырехосных грузовых вагонов в ранее проведенных исследованиях П. Н. Астахова [1] позволяет выделить три самых значительных её компонента: сопротивление качению колес по рельсам, диссипация энергии в окружающую среду при колебаниях экипажа и аэродинамическое сопротивление. Среди этих трех составляющих наиболее актуальным является исследование первых двух вследствие того, что в сопротивлении качения силы крипа вызывают износ колес и рельсов, а диссипация энергии в окружающую среду происходит в основном в рессорном подвешивании тележек, параметры которого в значительной степени влияют на динамическое поведение вагона.

РУХОМИЙ СКЛАД ЗАЛІЗНИЦЬ І ТЯГА ПОЇЗДІВ

Оценку энергопотерь поезда от основного сопротивления проводят двумя типами методов: экспериментальными и теоретическими.

Экспериментальные методы имеют ряд существенных недостатков, таких как сложность, дороговизна и необходимость исключать из эксплуатации участки железной дороги, поэтому используются менее дорогостоящие методы математического моделирования, которые с достаточной точностью отражают процесс движения рельсового экипажа.

К теоретическим методам оценки потерь энергии при движении подвижного состава относятся методы, использующие математические модели движения поезда (математические модели энергопотребления). В таких программах определение сопротивления движению является частью системы для оценки энергозатрат на передвижение поезда.

Примером математической модели учитывающей влияние сопротивления движению на энергозатраты при передвижении поезда может служить модель, разработанная группой американских ученых [4]. Математическая модель основана на определении энергии, необходимой для преодоления сопротивления движению и включает в себя оценку сопротивления от уклонов, сопротивления в кривых, аэродинамического сопротивления.

К одному из исследований последних лет можно отнести математическую модель движения поезда, разработанную шведским ученым П. Лукашевичем [6]. Математическая модель позволяет оценить энергозатраты на передвижение поезда и включает в себя оценку сопротивления движению, силы торможения, силу тяги. Также модель учитывает основное сопротивление движению, сопротивления в кривых, сопротивление от уклонов и аэродинамическое сопротивление и влияние на них ветра, длины поезда, количества осей, осевых нагрузок, типа пути и сил крипа локомотива.

Существует еще одна современная программа для моделирования и расчета энергопотребления ARTEMIS [5]. Она учитывает следующие типы сопротивления: сопротивление качению, аэродинамическое сопротивление и сопротивление от уклонов. При этом программа позволяет учитывать влияние конфигурации

поезда, размера вагонов, их положение и осевую нагрузку.

Анализ математических моделей, используемых для оценки энергопотребления поезда, позволяет установить, что при оценке эффективности движения поезда учитываются лишь некоторые составляющие основного и дополнительного сопротивлений, но при этом не учитываются сопротивления от сил крипа и колебаний вагонов на рессорном подвешивании, оказывающие значительное влияние на динамическое поведение экипажа.

Одной из немногих математических программ, учитывающих все составляющих основного и дополнительного сопротивлений поезда, является программа «ВЭИП» («Взаимодействие пути и подвижного состава»). В программе реализованы новые теоретические методы определения составляющих основного и дополнительного сопротивлений, разработанные проф. А. Я. Коганом. По методу автора [3] мощность рассеяния энергии при боковых и вертикальных колебаниях экипажа определяется через функцию рассеяния в уравнениях Лагранжа II рода, описывающих эти колебания. При этом количественной зависимости рассеяния энергии при колебаниях от параметров подвешивания не проводится. Потери энергии связанные с силами крипа и износом колес учитываются без влияния на них условий движения и параметров подвешивания.

Таким образом, анализ современных теоретических методов оценки энергоэффективности подвижного состава позволяет сделать заключение, что вопрос влияния параметров рессорного подвешивания тележек вагонов и условий движения поезда на сопротивление движению не изучен и требует тщательного исследования. В связи с этим нами была поставлена задача разработки математической модели для определения количественной оценки сопротивления движению от сил крипа и потерь при колебаниях экипажа.

Для решения поставленной задачи были проведены предварительные исследования, имеющие два этапа. Первый этап был посвящен оценке величины сопротивления движению от сил крипа в зависимости от скорости движения вагона и его осевой нагрузки.

РУХОМИЙ СКЛАД ЗАЛІЗНИЦЬ І ТЯГА ПОЇЗДІВ

Для этого в программном комплексе Medyna были разработаны нелинейные математические модели движения полувагона на тележках модели 18-100 с осевой нагрузкой 23,5 тс и на тележках 18-9855 с осевой нагрузкой 25 тс. Исследование проводилось для груженого режима на прямом участке пути.

Величина энергии, затрачиваемая на преодоление сопротивления вызываемого силами крипа, определялось через фактор износа, который оценивался на скоростях движения 40...100 км/ч с шагом в 20 км/ч.

Энергия, необходимая для преодоления сил крипа вагоном, определялась по формуле:

$$E = W_{av} \cdot L \cdot n \quad (1),$$

где W_{av} – средний фактор износа при передвижении на 1000 м;

L – расстояние;

n – количество колес вагона

Результаты исследования показывают, что затраты энергии на преодоление сопротивления сил крипа составляют значительную часть в общих энергозатратах на преодоление сопротивления движению. Максимальная величина энергии, необходимой для преодоления сил крипа составляет 54 % от энергии, необходимой для преодоления основного сопротивления движению со скоростью 40 км/ч вагона с осевой нагрузкой 25 т. Данные результаты требуют уточнения.

На втором этапе аналитическим методом исследовалось движение груженого вагона по непрерывной волнообразной неровности на простейшей модели, состоящей из обрессоренного груза с демпфером (рис. 1).

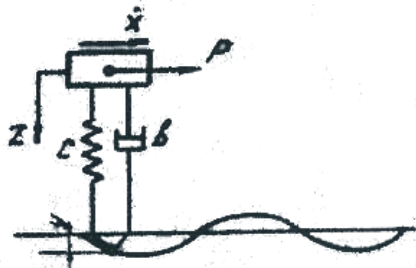


Рис. 1. Простейшая модель груженого вагона

Для оценки мощности силы тяги, необходимой для обеспечения движения вагона по неровностям, от величины коэффициента демпфирования использовалось уравнение баланса мощностей вида [2]:

$$N = \frac{1 \cdot b \cdot h^2 \cdot \omega^6 \cdot V^6}{8(k^2 - \omega^2 \cdot V^2)^2 + \frac{b^2 \cdot \omega^2 \cdot V^2}{m^2}} \quad (2)$$

где b – коэффициент демпфирования;
 h – амплитуда неровности рельса;
 ω – частота вынужденных колебаний;
 k – частота свободных колебаний;
 V – скорость движения;
 m – масса обрессоренных частей.

Параметры вагона принимались следующими: коэффициент демпфирования варьировался в пределах 0,1...0,5 $b_{кр}$; амплитуда неровности рельса принималась равной 10 мм; скорость движения варьировалась в пределах 0...80 м/с; масса обрессоренных частей принималась равной 80 т.

Результаты

Результаты расчетов представлены на рис. 2 и в табл. 1.

Таблица 1

Мощность силы тяги, кВт

Коэффициент демпфирования, доля от $b_{кр}$	Необходимая мощность на резонансной скорости, кВт	Средняя мощность, кВт
0,1	19,2	3,4
0,2	11,2	2,8
0,3	7,7	2,4
0,4	5,8	2,3
0,5	4,8	2,3

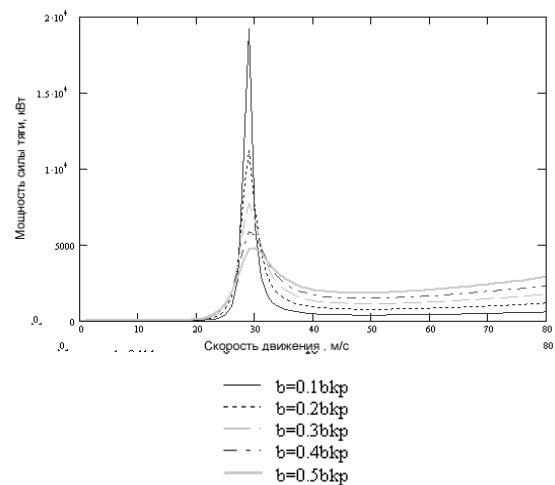


Рис. 2. Зависимость мощности силы тяги от скорости

РУХОМИЙ СКЛАД ЗАЛІЗНИЦЬ І ТЯГА ПОЇЗДІВ

Выводы

По результатам расчетов, установлено следующее:

1. При резонансах происходит резкое увеличение потребляемой мощности.
2. Изменение величины коэффициента демпфирования в установленном диапазоне оказывает значительное влияние на величину мощности силы тяги в резонансных режимах.

Анализ результатов предварительных исследований позволяет сделать следующие выводы:

1. Затраты энергии на преодоление сопротивления от сил крипа являются существенными и требуют дальнейших исследований.
2. В резонансных режимах наблюдается существенное увеличение сопротивления при движении, которое может оказать влияние на движение поезда при ограниченной мощности двигателей локомотива.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ
ИСТОЧНИКОВ

1. Астахов, П. Н. Сопротивление движению железнодорожного подвижного состава : труды ЦНИИ МПС / П. Н. Астахов. – М. : Транспорт, 1966. – Вып. 311. – 178 с.
2. Вольфсон, С. А. Энергетический баланс при движении железнодорожного экипажа по пути с неровностями / С. А. Вольфсон, Ю. Г. Минкин // Динамика и меры повышения эксплуатационной надежности локомотивов в условиях железных дорог Урала и Сибири : сетевая науч.-техн. конф. / Омский ин-т инженеров ж.-д. трансп. – Омск. : ОмИИТ, 1973. – С. 139–145.
3. Коган, А. Я. Динамика пути и его взаимодействие с подвижным составом / А. Я. Коган. – М. : Транспорт, 1997. – 326 с.
4. Кузьмич, В. Д. Теория локомотивной тяги : учеб. для вузов ж.-д. трансп. / В. Д. Кузьмич, В. С. Руднев, С. Я. Френкель. – М. : Издательство «Маршрут», 2005. – 448 с.
5. Лесничий, В. С. Компьютерное моделирование задач динамики железнодорожного подвижного состава. Ч. 3. Моделирование динамики грузовых вагонов в программном комплексе MEDYNA : учеб. пособие / В. С. Лесничий, А. М. Орлова. – СПб : ПГУПС, 2002. – 35 с.
6. Kraay, D. Optimal pacing of trains in freight / D. Kraay, P. T. Harker, B. Chen // Journal Operations Research. – 1991. – Vol 39. – №. 1. – P. 82–89.
7. Lindgreen, E. Driving resistance from railroad trains / E. Lindgreen, S. C. Sorenson. – Copenhagen : DTU, 2005. – 86 p.
8. Lukaszewicz, P. Energy consumption and running time for trains : doct. ... thesis / P. Lukaszewicz. – Stockholm : KTH, 2001. – 154 p.

А. Н. КОМАРОВА^{1*}, Ю. П. БОРОНЕНКО²

^{1*}Каф. «Вагоны та вагонне господарство», Петербурзький державний університет шляхів сполучення, Московський проспект, 9, Санкт-Петербург, Росія, 190031, тел. / факс 8 (812) 335 69 07 доб. 256, ел. пошта An-komarova@mail.ru

²Каф. «Вагоны та вагонне господарство», Петербурзький державний університет шляхів сполучення, Московський проспект, 9, Санкт-Петербург, Росія, 190031, ел. пошта boron49@yandex.ua

ОЦІНКА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ НЕТЯГОВОГО РУХОМОГО
СКЛАДУ

Мета. Одним з пріоритетних напрямків вдосконалення перевізного процесу залізничним транспортом є підвищення його енергоефективності. Попередня кількісна оцінка величини опору від сил крипу вантажного вагона, визначення впливу демпфування на величину потужності сили опору руху в резонансних режимах. **Методика.** Дослідження проводилося методом математичного моделювання в програмному комплексі MEDYNA і аналітичним методом. **Результати.** Енерговитрати на подолання опору від сил крипу складають значну частину в загальних енерговитратах на подолання опору руху; в резонансних режимах відбувається різке збільшення споживаної потужності, на її значення значно впливає величина демпфування. **Наукова новизна.** Встановлено, що енерговитрати на подолання опору від сил крипу складають значну частину в загальних енерговитратах на подолання опору руху, особливо в резонансних режимах. **Практична значущість.** Результати роботи можуть бути застосовані для розробки математичної моделі вагона і методики оцінки опору руху, що враховують опір від сил крипу і дисипацію енергії в навколишнє середовище в підвішуванні.

Ключові слова: енергоефективність; енерговитрати; опір руху; сили крипу; резонансна швидкість

A. N. KOMAROVA^{1*}, Y. P. BORONENKO²^{1*}Department of Railcars and Railcar's Maintenance, Saint-Petersburg State Railway Transport University, Moskovskyy Str. 9, Saint-Petersburg, Russia, 190031, tel./fax 8 (812) 335 69 07 доб. 256, e-mail An-komarova@mail.ru²Department of Railcars and Railcar's Maintenance, Saint-Petersburg State Railway Transport University, Moskovskyy Str. 9, Saint-Petersburg, Russia, 190031, e-mail boron49@yandex.ru

ESTIMATION OF ENERGY EFFICIENCY OF NON-TRACTIVE ROLLING STOCK

Purpose. One of the priority areas for improving the transportation process by railway transport is to increase its energy efficiency. Preliminary quantitative assessment of the resistance of the creep forces wagon, determination of the influence of damping on the amount of power resistance force at the resonance modes. **Methodology.** The study was conducted using mathematical modeling software system MEDYNA and an analytical method. **Findings** Energy consumption for overcoming resistance from forces creeps up a significant portion of total energy consumption to overcome the resistance movement, the resonance modes is a sharp increase in power consumption; its value significantly affects the value of damping. **Originality.** It is found that energy consumption in order to overcome the resistance of the power creeps up is a significant portion of total energy consumption to overcome the resistance movement, especially in the resonant modes. **Practical value.** The results can also be applied for development of a mathematical model of the car and the methodology for assessment of the resistance to motion that taking into account the resistance of the creep forces and the dissipation of energy in the environment as a hanging.

Keywords: energy efficiency; energy losses; movement resistance; creep forces; resonant mode.

REFERENCES

1. Astakhov P.N. Soprotivleniye dvizheniyu zheleznodorozhnogo podvizhnogo sostava [Resistance to rolling stock movement]. *Trudy TSNII MPS* [Proc. of All-Union Central Research Institute of Railway Transport]. Moscow, Transport Publ., 1966, issue 311, 178p.
2. Volfson S.A., Minkin Yu.G. *Energeticheskiy balans pri dvizhenii zheleznodorozhnogo ekipazha po puti s nerovnostyami* [Power balance at movement of railway crew on the way with roughnesses]. *Trudy nauchno-tehnicheskoy konferentsii "Dinamika i mery povysheniya ekspluatatsionnoy nadezhnosti lokomotivov v usloviyakh zheleznikh dorog Urala i Sibiri"* [Proc. of the Scientific and Technical Conf. "Dynamics and measures of increase of operational reliability of locomotives in conditions of the railroads of the Urals and Siberia"]. Omsk, OmIIT Publ., 1973, pp. 139-145.
3. Kogan A.Ya. *Dinamika puti i yego vzaimodeystviye s podvizhnym sostavom* [Dynamics of a way and its interaction with a rolling stock]. Moscow, Transport Publ., 1997. 326 p.
4. Kuzmich V.D., Rudnev V.S., Frenkel S.Ya. *Teoriya lokomotivnoy tyagi* [Locomotive traction theory]. Moscow, Marshrut Publ., 2005. 448 p.
5. Lesnichiy V.S., Orlova A.M. *Kompyuternoye modelirovaniye zadach dinamiki zheleznodorozhnogo podvizhnogo sostava. Chast 3: Modelirovaniye dinamiki grusovykh vagonov v programmnom komplekse Medyna*. (Computer simulation of the dynamics of railway vehicles, Part 3: Modeling the dynamics of freight cars in the software package MEDYNA). Saint-Petersburg, PGUPS Publ., 2002. 35 p.
6. Kraay D., Harker P. T., Chen B. Optimal pacing of trains in freight. *Journal Operations Research*, 1991, vol. 39, no. 1, pp. 82-89.
7. Lindgreen E., Sorenson S.C. Driving resistance from railroad trains. Copenhagen, DTU Publ., 2005. 86 p.
8. Lukaszewicz P. Energy consumption and running time for trains. *Doct. Diss.* Stockholm, 2001. 154 p.

Статья рекомендована к публикации д.т.н., проф. П. С. Анисимовым (Россия); д.т.н. В. Л. Горобцом (Украина)

Поступила в редколлегию 04.12.2012

Принята к печати 25.02.2013

РУХОМИЙ СКЛАД ЗАЛІЗНИЦЬ І ТЯГА ПОЇЗДІВ

УДК 629.4.015

Н. Е. НАУМЕНКО¹, И. Ю. ХИЖА^{1*}

^{1*}Отдел «Динамика многомерных механических систем», Институт технической механики НАН Украины и ГКА Украины, ул. Ляшко-Попеля, 15, Днепропетровск, Украина, 49005, тел. +38 (066) 715 67 68, эл. почта inkhizha@gmail.com

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ РАБОТЫ УСТРОЙСТВ СИСТЕМЫ ПАССИВНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПАССАЖИРСКОГО ЛОКОМОТИВА НА ЕГО ДИНАМИЧЕСКУЮ НАГРУЖЕННОСТЬ ПРИ АВАРИЙНОМ СТОЛКНОВЕНИИ С ПРЕПЯТСТВИЕМ НА ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГЕ

Цель работы. Оценить работу защитных устройств пассажирского локомотива в рамках тестовых сценариев столкновений, принятых в российских требованиях к системе пассивной безопасности. **Методика.** Минимизация последствий аварийных столкновений осуществляется путем включения в несущие конструкции кузовов экипажей защитных устройств пассивной безопасности, предназначенных для поглощения кинетической энергии соударения. Для оценки максимальных ускорений поезда, а также сжимающих продольных сил, которые возникают в междвагонных соединениях во время столкновения, использовалась дискретно-массовая модель поезда. Взаимодействие вагонов поезда моделировалось с помощью введения междвагонных связей. **Результаты.** При столкновении локомотива со скоростью 20 км/ч (как одиночного, так и в составе эталонного поезда), в котором не предусмотрена система пассивной безопасности, с транспортным средством массой 10 т в элементах конструкции локомотива возникают пластические деформации. При столкновении с транспортным средством, масса которого сопоставима с массой загруженного грузового вагона, пластические деформации в элементах конструкции локомотива наблюдаются при скорости соударения 10 км/ч. **Научная новизна.** Доказано, что для снижения максимального уровня продольного усилия, возникающего между локомотивом и препятствием в виде грузового вагона массой 80 т, до нормативного значения необходимо концевые части локомотива оборудовать защитными устройствами, деформация которых составляет порядка 1,5 м. **Практическая значимость.** Для сохранности целостности конструкций экипажей и обеспечения безопасности пассажиров, обслуживающего персонала и локомотивной бригады при аварийных столкновениях с препятствием необходимо пассажирские локомотивы нового поколения оборудовать устройствами системы пассивной безопасности. Исходя из этого, необходимо проводить дальнейшие исследования в области систем пассивной безопасности экипажей.

Ключевые слова: подвижной состав; локомотив; аварийные столкновения; система пассивной безопасности; силовая характеристика

Введение

Происходящие на железной дороге аварии поездов приносят значительные материальные убытки и, что особенно недопустимо, связаны с риском для жизни и здоровья локомотивной бригады, пассажиров и обслуживающего персонала. Необходимость снижения этих рисков способствует как созданию новых систем пассивной безопасности, так и усовершенствованию теоретических разработок по моделированию движения отдельных экипажей и поезда в целом в условиях, приближенных к реальным, в том числе и в аварийных ситуациях.

Европейским союзом разработан и введен в действие стандарт EN 12663:2000 [8], регламентирующий требования к прочности и ус-

тойчивости конструкций кузовов железнодорожных экипажей. Стандарт устанавливает общие требования к проектированию и эксплуатации экипажей подвижного состава. Требования к проектированию включают требования к прочности и устойчивости конструкции при воздействии статической нагрузки, т.е. конструкция должна выдерживать нормированную статическую нагрузку без появления остаточных деформаций. Дополнительными требованиями к вновь проектируемому пассажирскому подвижному составу в странах ЕС являются требования по оборудованию их системой пассивной безопасности (стандарт EN 15227:2008) [9]. В стандарте регламентированы основные принципы и критерии пассивной (конструкционной) безопасности железнодорожных экипа-

РУХОМИЙ СКЛАД ЗАЛІЗНИЦЬ І ТЯГА ПОЇЗДІВ

жей, сценарии столкновений, характеризующие наиболее вероятные аварийные ситуации на европейских железных дорогах, механизм отработки устройств поглощения энергии.

В настоящее время разрабатывается межгосударственный стандарт стран Содружества Независимых Государств (СНГ) “Крэш-системы аварийные железнодорожного подвижного состава для пассажирских перевозок. Технические требования и методы контроля”. Этот стандарт является модифицированным по отношению к европейскому стандарту EN 15227:2008 в силу значительных отличий как в конструкции железнодорожного подвижного состава, эксплуатируемого на железных дорогах государств СНГ и Европейского Союза, так и в статистике аварийных столкновений.

Из-за низкой энергоемкости поглощающих аппаратов и достаточно больших относительных скоростей соударения экипажи поезда при аварийных столкновениях имеют высокий уровень продольных ускорений, в межвагонных соединениях возникают значительные сжимающие силы, сопровождающиеся пластическими деформациями конструкций вагонов. Минимизация последствий аварийных столкновений пассажирских поездов с препятствием на железной дороге осуществляется путем включения в несущую конструкцию кузовов экипажей крэш-систем, основными элементами которых являются устройства поглощения энергии удара, устанавливаемые в концевых частях рам.

Подтверждение требований, предъявляемых к устройствам поглощения энергии в случае аварийного столкновения поезда с препятствием, должно выполняться путем проведения натурных испытаний. Однако натурные испытания аварийного столкновения с участием в них реальных объектов подвижного состава и препятствия являются дорогостоящими. Предварительная оценка эффективности устройств поглощения энергии может проводиться путем компьютерного моделирования динамических процессов, протекающих в поезде согласно установленным тестовым сценариям.

Методы

Для оценки максимальных ускорений экипажей состава и сжимающих продольных сил, возникающих в межвагонных соединениях, как

правило, используется дискретно-массовая модель поезда [1–3]. Взаимодействие вагонов моделируется путем введения межвагонных связей, силовые характеристики которых определяются типом поглощающих аппаратов автосцепных устройств и упругими свойствами конструкции экипажа.

В случае оборудования подвижного состава как автосцепными устройствами, так и устройствами пассивной безопасности разработана математическая модель для вычисления усилий $S_i(t)$, возникающих в соединении между $(i-1)$ -м и i -м экипажами пассажирского поезда, при сверхнормативных ударных нагрузках, вызванных столкновением поезда с преградой. Предполагалось, что экипажи оснащены трехуровневой системой защиты. Диаграмма деформирования устройств системы пассивной безопасности (СПБ) представлена кусочно-линейной функцией с тремя участками деформации, каждый из которых соответствует уровню защиты экипажа. Первоначально, при аварийном столкновении, начинают работать штатные амортизаторы сцепных устройств. После закрытия поглощающих аппаратов усилия передаются на раму вагона. В силовой характеристике i -го межвагонного соединения это соответствует вычислению усилий при упругих деформациях конструкции экипажа. При превышении в случае аварийного столкновения продольными силами, приложенными к устройству пассивной безопасности, заданного порогового значения происходит срабатывание механизма увода автосцепки в подвагонное пространство. Усилие взаимодействия равно нулю до момента соприкосновения экипажей. После этого начинают деформироваться устройства пассивной защиты (жертвенные элементы), расположенные в концевых частях вагонов. В случае полного срабатывания устройств пассивной безопасности усилия передаются на рамы вагонов. В зависимости от величины суммарной сжимающей силы, действующей на раму экипажа, определяются усилия, соответствующие либо упругим, либо упруго-пластическим деформациям кузова.

Аналитические выражения для определения усилий, возникающих в межвагонном соединении между $(i-1)$ -м и i -м экипажами при сверхнормативных ударных воздействиях, и

РУХОМИЙ СКЛАД ЗАЛІЗНИЦЬ І ТЯГА ПОЇЗДІВ

алгоритм вычисления этих усилий с учетом работы ударно-тяговых устройств, системы пассивной безопасности и конструкций подвижного состава имеют вид

$$S_i(t) = \begin{cases} 0, & \text{если } S_i^*(t) \leq 0; \\ S_i^*(t) \operatorname{sign}(q_i(t) - \xi_i^*(t-h) - \xi_i(t-h)), & \end{cases} \quad (1)$$

где

$$S_i^*(t) = \begin{cases} 0, & \text{если } qf_i(t) \leq 0; \\ \text{при } 0 < qf_i(t) \leq \Delta_{qi}: \\ \min\{S_{ni}(t), S_{ki}(t)\}, & \text{если} \\ \dot{q}_i(t) \operatorname{sign}(q_i(t) - \xi_i^*(t-h) - \xi_i(t-h)) > 0 \\ \text{либо} \\ \max\{S_{pi}(t), S_{ki}(t)\}, & \text{если} \\ \dot{q}_i(t) \operatorname{sign}(q_i(t) - \xi_i^*(t-h) - \xi_i(t-h)) \leq 0; \\ \text{при } qf_i(t) > \Delta_{ai}: \\ S_{ki}(t), & \text{если } qf_i(t) \leq \Delta_{pi}; \\ 0, & \text{если } \Delta_{pi} < qf_i(t) \leq \Delta_{0i}; \\ \min\{S_{li}(t), S_{ki}(t)\}, & \\ \text{если } \Delta_{0i} < qf_i(t) \leq \Delta_{li}; \\ \min\{S_{2i}(t), S_{ki}(t)\}, & \\ \text{если } \Delta_{li} < qf_i(t) \leq \Delta_{2i}; \\ \min\{S_{3i}(t), S_{ki}(t)\}, & \\ \text{если } \Delta_{2i} < qf_i(t) \leq \Delta_{\max}; \\ \text{при } qf_i(t) > \Delta_{\max}: \\ S_{ki}(t), & \text{если} \\ S_{ki}(t) - \beta_i \dot{q}_i(t) \operatorname{sign}(q_i(t) - \xi_i^*(t-h) - \\ - \xi_i(t-h)) < S_{si}(t-h); \\ S_{si}(t), & \text{если} \\ S_{ki}(t) - \beta_i \dot{q}_i(t) \operatorname{sign}(q_i(t) - \xi_i^*(t-h) - \\ - \xi_i(t-h)) \geq S_{si}(t-h); \end{cases}$$

$q_i(t), \dot{q}_i(t)$ – относительные перемещения и скорости центров масс $(i-1)$ -го и i -го экипажей соответственно; t – текущее время; h – шаг интегрирования; δ_{0i} – величина зазора в i -м межвагонном соединении; ξ_i^* – деформация устройств пассивной защиты; ξ_i – остаточная продольная деформация конструкции i -го экипажа;

$$qf_i(t) = |q_i(t) - \xi_i^*(t-h) - \xi_i(t-h)| - 0,5\delta_{0i} \times \\ \times (1 + \operatorname{sign}(q_i(t) - \xi_i^*(t-h) - \xi_i(t-h)));$$

Δ_{ai} – полная деформация i -й межвагонной связи, при которой закрываются поглощающие аппараты; S_{ai} – сила закрытия поглощающего аппарата; $S_{ni}(t), S_{pi}(t)$ – усилия на ветвях на грузки и разгрузки силовой характеристики i -го межвагонного соединения при работе поглощающих аппаратов;

$$S_{ni}(t) = \begin{cases} k_{ni}^1 qf_i(t), & \text{если } qf_i(t) \leq d_{li}; \\ k_{ni}^1 d_{li} + k_{ni}^2 (qf_i(t) - d_{li}), & \text{если } d_{li} < qf_i(t); \end{cases}$$

$$S_{pi}(t) = (1 - \eta_i) S_{ni}(t);$$

k_{ni}^1, k_{ni}^2 – жесткости при нагрузке связи i -го межвагонного соединения, представленной билинейной характеристикой при работе поглощающих аппаратов; d_{li} – координата узловой точки билинейной характеристики i -й межвагонной связи; η_i – коэффициент поглощения энергии при работе поглощающих аппаратов в i -й связи; $S_{ki}(t)$ – усилие, возникающее в конструкции i -го экипажа при упругих деформациях;

$$S_{ki}(t) = \tilde{S}_i(t-h) + [k_{ki}(q_i(t) - q_i(t-h)) + \beta_i \dot{q}_i(t)] \times \\ \times \operatorname{sign}(q_i(t) - \xi_i^*(t-h) - \xi_i(t-h));$$

$$\tilde{S}_i(t-h) = \begin{cases} 0, & \text{если } S_i^*(t-h) = 0; \\ S_{ni}(t-h) \vee S_{pi}(t-h), & \text{если} \\ S_i^*(t-h) = S_{ni}(t-h) \vee S_{pi}(t-h); \\ S_{li}(t-h), & \text{если } S_i^*(t-h) = S_{li}(t-h); \\ S_{2i}(t-h), & \text{если } S_i^*(t-h) = S_{2i}(t-h); \\ S_{3i}(t-h), & \text{если } S_i^*(t-h) = S_{3i}(t-h); \\ S_{ki}(t-h) - \beta_i \dot{q}_i(t-h) \operatorname{sign}(q_i(t-h) - \\ - \xi_i^*(t-h) - \xi_i(t-2h)), & \\ \text{если } S_i^*(t-h) = S_{ki}(t-h); \\ S_{si}(t-h), & \text{если } S_i^*(t-h) = S_{si}(t-h); \end{cases}$$

$$S_{li}(t) = S_i^*(t-h) + k_{li}(q_i(t) - q_i(t-h));$$

$$S_{2i}(t) = S_i^*(t-h) + k_{2i}(q_i(t) - q_i(t-h));$$

РУХОМИЙ СКЛАД ЗАЛІЗНИЦЬ І ТЯГА ПОЇЗДІВ

$$S_{3i}(t) = S_i^*(t-h) + k_{3i}(q_i(t) - q_i(t-h));$$

$$\xi_i^*(t) = \xi_{1i}^*(t) + \xi_{2i}^*(t) + \xi_{3i}^*(t);$$

$$\xi_{1i}^*(t) = \xi_{1i}^*(t-h) + \frac{S_{1i}(t) - S_{1i}(t-h)}{k_{1i}};$$

$$\xi_{2i}^*(t) = \xi_{2i}^*(t-h) + \frac{S_{2i}(t) - S_{2i}(t-h)}{k_{2i}};$$

$$\xi_{3i}^*(t) = \xi_{3i}^*(t-h) + \frac{S_{3i}(t) - S_{3i}(t-h)}{k_{3i}};$$

k_{ki} – жесткость конструкции кузова при упругих деформациях; β_i – коэффициент вязкого сопротивления деформированию конструкции i -го экипажа;

$$\Delta_{pi} = \Delta_{ai} + \frac{S_{npi} - S_{ai}}{k_{ki}}; \quad \Delta_{0i} = \Delta_{pi} + dz_{0i};$$

$$\Delta_{1i} = \Delta_{0i} + dz_{1i}; \quad \Delta_{2i} = \Delta_{1i} + dz_{2i};$$

$$\Delta_{maxi} = \Delta_{2i} + dz_{3i};$$

S_{npi} – значение усилия, при превышении которого начинается увод автосцепки; dz_{0i} – расстояние от головки автосцепки до жертвенного элемента; k_{1i}, k_{2i}, k_{3i} – жесткости при нагрузке на участках силовой характеристики при поэтапном деформировании элементов системы пассивной защиты экипажа; $dz_{1i}, dz_{2i}, dz_{3i}$ – координаты узловых точек силовой характеристики межвагонной связи, соответствующие поэтапному деформированию элементов системы пассивной защиты; S_{si}^0 – усилие, соответствующее пределу текучести; $S_{si}(t)$ – усилие, соответствующее упрочнению материала;

$$S_{si}(t) = \begin{cases} S_{si}^0, & \text{если } \xi_i(t) = 0; \\ \text{в противном случае} \\ S_{si}(t-h) + \frac{k_{nl}}{k_{ki}}[S_{ki}(t) - \beta_i \dot{q}_i(t) \text{sign}(q_i(t) - \xi_i^*(t-h) - \xi_i(t-h)) - S_{si}(t-h)]; \end{cases}$$

$$\xi_i(t) = \xi_i(t-h) + (S_{si}(t) - S_{si}(t-h))(1/k_{nl} - 1/k_k) \times \text{sign}(q_i(t) - \xi_i^*(t-h) - \xi_i(t-h));$$

k_{nl} – эквивалентная жесткость конструкции кузова при пластических деформациях.

Результаты

Описанный алгоритм вычисления межвагонных усилий может быть применен и для случая, когда экипажи оборудованы отдельными тягово-сцепными и ударными приборами, т. е. в качестве штатных ударных устройств используются буфера.

Разработанная модель апробирована при исследовании динамики столкновения эталонного поезда, в состав которого включен локомотив PRIMA II, оборудованный системой пассивной безопасности, и грузовой вагон массой 80 т [4]. Показано согласование результатов проведенных расчетов с данными работ [7,10].

Особую значимость приобретают вопросы пассивной защиты пассажирских локомотивов как наиболее подверженных повреждениям единиц подвижного состава в случае лобовых столкновений поездов или при наезде поезда на преграду.

Для оценки проектируемого уровня защиты вновь разрабатываемого подвижного состава, оборудованного системой пассивной безопасности, в качестве тестовых сценариев столкновения рассмотрены сценарии, принятые в российских требованиях к системе пассивной безопасности [6]: столкновение подвижного состава с мобильным транспортным средством на перегоне и столкновение поезда с загруженным грузовым вагоном на железнодорожном пути. При отработке СПБ локомотива локомотив участвует в сценарии столкновения, как отдельная единица, так и в составе эталонного поезда, состоящего из локомотива и грузового вагона.

Для оценки влияния использования устройств СПБ исследована динамическая нагруженность конструкций локомотива, в котором не предусмотрена система пассивной безопасности, в случае его столкновения с транспортным средством массой 10 т. Локомотив массой 129 т оборудован автосцепными устройствами СА-3 с резинометаллическими поглощающими аппаратами Р5П.

На рис. 1 приведены зависимости максимальных сжимающих усилий, действующих на

РУХОМИЙ СКЛАД ЗАЛІЗНИЦЬ І ТЯГА ПОЇЗДІВ

локомотив при его столкновении с преградой массой 10 т при разных скоростях соударения, в случае столкновения с преградой одиночного локомотива (рис. 1, а) и эталонного поезда (рис. 1, б). Сплошные линии на рисунках соответствуют предельному значению сил, допускаемых «Нормами...» [5]. Линии с прямоугольными и треугольными маркерами соответствуют усилиям, действующим на локомотив и в соединении вагона с локомотивом.

На рис. 2, а и 2, б приведены соответственно аналогичные результаты расчетов при отработке сценария столкновения одиночного локомотива и эталонного поезда с грузовым вагоном массой 80 т. Как видно из результатов расче-

тов, при столкновении локомотива (как одиночного, так и эталонного поезда) с транспортным средством массой 10 т при $V = 20$ км/ч в элементах конструкции локомотива могут возникать пластические деформации. При столкновении с транспортным средством, масса которого сопоставима с массой загруженного грузового вагона, силы, действующие на локомотив и превышающие 2,5 МН, наблюдаются при скорости соударения 10 км/ч. При скорости соударения 20 км/ч на вагон, следующий за локомотивом, также действуют силы, превышающие допустимые.

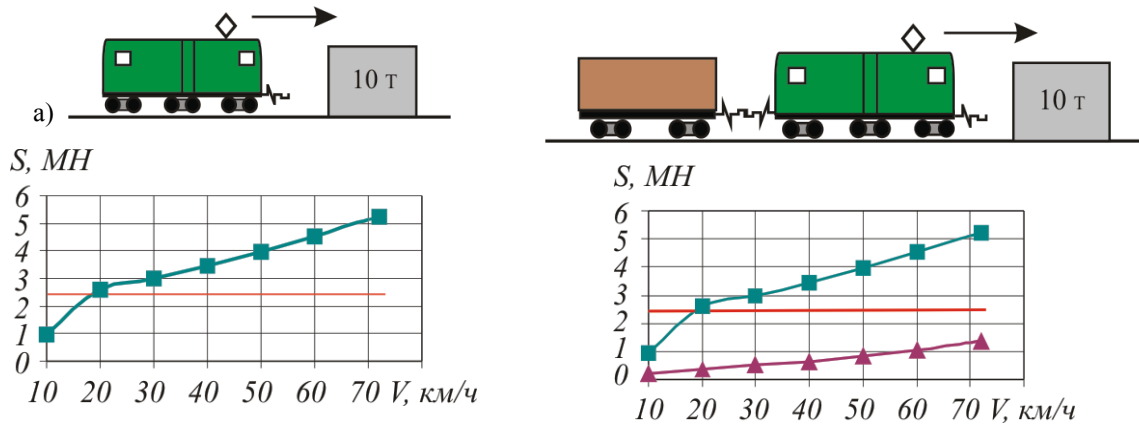


Рис. 1 Зависимости максимальных усилий, действующих на локомотив при его столкновении с преградой массой 10 т

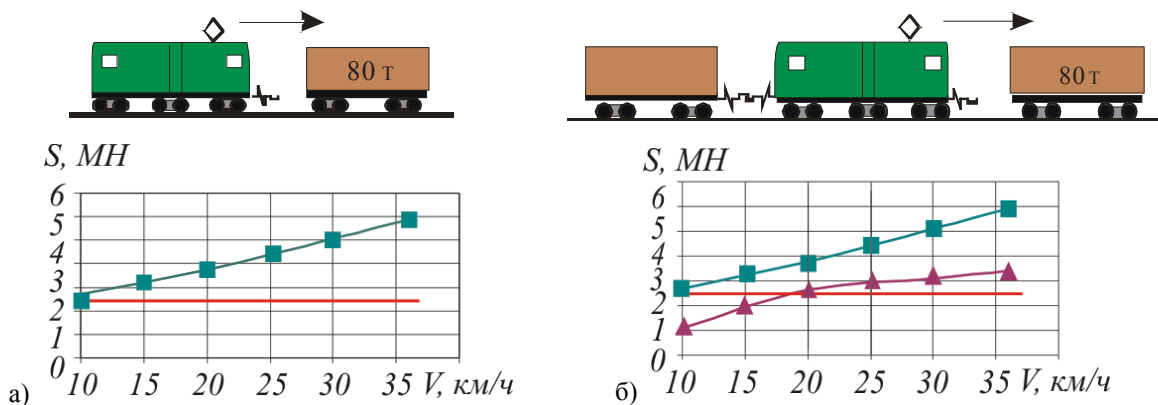


Рис. 2 Зависимости максимальных усилий, действующих на локомотив при его столкновении с грузовым вагоном массой 80 т

Для оценки влияния работы защитных устройств системы пассивной безопасности проведено моделирование одного из сценариев столкновений, а именно столкновение эталонного поезда, составленного с локомотива, обо-

рудованного жертвенными элементами СПБ, и вагона массой 80 т, с грузовым вагоном массой 80 т со скоростью 36 км/ч. Предполагалось, что в концевых частях локомотива расположены по два жертвенных элемента, которые сжимаются

РУХОМИЙ СКЛАД ЗАЛІЗНИЦЬ І ТЯГА ПОЇЗДІВ

суммарной силой 2 МН. Значение деформации защитных устройств варьируется от 0,7 до 1,5 м. Сила, при которой в конструкциях локомотива и вагона возникают пластические деформации, составляет 2,5 МН [5]. Силовая характеристика соединения локомотива с вагоном моделировалась кусочно-линейной функцией в предположении:

вариант 1 – автосцепные устройства не позволяют деформироваться жертвенным элементам;

вариант 2 – ударно-тяговые устройства не препятствуют работе жертвенных элементов.

В таблице приведены максимальные значения сжимающих усилий, действующих на конструкции локомотива и следующего за ним вагона при столкновении эталонного поезда с преградой, в зависимости от длины деформации защитного устройства.

Таблица 1

Значения сжимающих усилий в зависимости от длины деформации защитного устройства

Варианты	Значения максимальных усилий, МН	Длина деформации защитного устройства, м					
		0,7	1,0	1,2	1,3	1,4	1,5
1	$S_{\max}^{\text{лок}}$	6,0	4,9	4,1	3,6	2,9	2,0
	$S_{\max}^{\text{ваг}}$	3,7	3,0	2,3	1,7	1,7	1,7
2	$S_{\max}^{\text{лок}}$	6,0	5,0	4,2	3,7	3,0	2,0
	$S_{\max}^{\text{ваг}}$	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0

Как видно из результатов, приведенных в таблице, для снижения максимального уровня продольного усилия, возникающего между локомотивом и препятствием в виде грузового вагона массой 80 т, до нормативного значения 2,5 МН необходимо концевые части локомотива оборудовать защитными устройствами, деформация каждого из которых составляет порядка 1,5 м.

Выводы

Проведенные исследования показали, что для сохранности целостности конструкций экипажей и обеспечения безопасности пассажиров и обслуживающего персонала при аварийных столкновениях поезда с преградой на железнодорожном пути необходимо пассажирские локомотивы нового поколения оборудовать СПБ с двух сторон. При этом конструкции автосцепных устройств пассажирского поезда не должны препятствовать работе жертвенных элементов СПБ, установленных на концевых частях рам тягового подвижного состава.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ
ИСТОЧНИКОВ

1. Блохин, Е. П. Динамика поезда (нестационарные продольные колебания) / Е. П. Блохин, Л. А. Манашкин. – М. : Транспорт, 1982. – 222 с.
2. Лазарян, В. А. О переходных режимах движения поездов / В. А. Лазарян // Исследования по динамике рельсовых экипажей (19-ый выпуск трудов семинара по механике) : труды ДИИТ. – 1973. – Вып. 152. – С. 3–43.
3. Богомаз, Г. И. Нагруженность вагонов-цистерн при переходных режимах движения поездов / Г. И. Богомаз, Н. Е. Науменко, А. Н. Пшинько, С. В. Мямлин. – К. : Наукова думка, 2010. – 215 с.
4. Науменко, Н. Е. Оценка эффективности системы пассивной безопасности локомотива при отработке тестовых сценариев столкновения / Н. Е. Науменко, И. Ю. Хижа // Техническая механика. – 2012. – Вып. 1. – С. 3–8.
5. Нормы для расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных) / ВНИИЖТ. – М. : ВНИИЖТ, 1996. – 319 с.
6. Технические требования к системе пассивной безопасности подвижного состава для пассажирских перевозок железных дорог колеи 1520 мм : [утверждены распоряжением ОАО «РЖД» № 2740р от 20.12.2011 г.] / ОАО «ВНИКИ» ; ОАО «ВНИИЖТ». – М. : ОАО «РЖД», 2011. – 16 с.

РУХОМИЙ СКЛАД ЗАЛІЗНИЦЬ І ТЯГА ПОЇЗДІВ

7. Механическая часть грузовых локомотивов семейства Prima // Железные дороги мира. – 2009. – № 5. – С. 32–45.
8. EN 12663. Railway applications – Structural requirements of railway vehicle bodies. – Brussel : European committee for standardization, 2000. – 18 p.
9. EN 15227:2008. Railway applications – Crashworthiness requirements for railway vehicle bodies. – Brussel : European committee for standardization, 2008. – 37 p.
10. Kraus, T. Энергопоглощающие буфера как средство защиты при столкновениях / Т. Краус // Железные дороги мира. – 2010. – № 2. – С. 70–72.

Н. Є. НАУМЕНКО¹, І. Ю. ХИЖА^{1*}

^{1*} Відділ «Динаміка багатовимірних механічних систем», Інститут технічної механіки НАН України і ГКА України, вул. Ляшко-Попеля, 15, Дніпропетровськ, Україна, 49005, тел. +38 (066) 715 67 68, ел. пошта inkhizha@gmail.com

ОЦІНКА ВПЛИВУ РОБОТИ ПРИСТРОЇВ СИСТЕМИ ПАСИВНОЇ БЕЗПЕКИ ПАСАЖИРСЬКОГО ЛОКОМОТИВУ НА ЙОГО ДИНАМІЧНУ НАВАНТАЖЕНОСТЬ ПРИ АВАРІЙНОМУ ЗІТКНЕННІ З ПЕРЕШКОДОЮ НА ЗАЛІЗНИЦІ

Мета. Оцінити роботу захисних пристроїв пасажирського локомотиву в рамках тестових сценаріїв зіткнення, які прийнято в російських вимогах до системи пасивного захисту. **Методика.** Мінімізація наслідків аварійних зіткнень здійснюється шляхом включення в несучі конструкції кузовів екіпажів захисних пристроїв пасивної безпеки, призначених для поглинання кінетичної енергії удару. Для оцінки максимальних прискорень поїзда, а також стискаючих поздовжніх сил, які виникають в міжвагонних з'єднаннях під час зіткнення, використовувалася дискретно-масова модель поїзда. Взаємодія вагонів поїзда моделювалася за допомогою введення міжвагонних зв'язків. **Результати.** При зіткненні зі швидкістю 20 км/год локомотива (як одинокого, так і в складі еталонного поїзда), в якому відсутня система пасивної безпеки, з транспортним засобом масою 10 т в елементах конструкції локомотива виникають пластичні деформації. При зіткненні з транспортним засобом, масу якого можна порівняти з масою завантаженого вантажного вагона, пластичні деформації в елементах конструкції локомотива виникають при швидкості співудару 10 км/год. **Наукова новизна.** Доведено, що для зниження максимального рівня поздовжнього зусилля, що виникає між локомотивом і перешкодою у вигляді вантажного вагона масою 80 т, до нормативного значення необхідно кінцеві частини локомотива обладнати захисними пристроями, деформація яких складає близько 1,5 м. **Практична значимість.** Для збереження цілісності конструкцій екіпажів та забезпечення безпеки пасажирів, обслуговуючого персоналу і локомотивної бригади при аварійних зіткненнях локомотива з перешкодою необхідно пасажирські локомотиви нового покоління обладнувати пристроями системи пасивної безпеки. Виходячи з цього, необхідно проводити подальші дослідження в області систем пасивної безпеки екіпажів.

Ключові слова: рухомий склад; локомотив; аварійні зіткнення; система пасивної безпеки; силова характеристика

N.Ye. NAUMENKO¹, I. Yu. KHIZHA^{1*}

^{1*} Department of Dynamics of multidimensional mechanical systems, Institute of Technical Mechanics of NASU and SSA Ukraine, Lyashko-Popel Str., 15, Dnepropetrovsk, Ukraine, 49005, tel. +38 (066) 715 67 68, e-mail inkhizha@gmail.com

INFLUENCE ASSESSMENT OF THE OF PASSIVE RESTRAINT SYSTEM DEVICES OF THE PASSENGER LOCOMOTIVE ON ITS DYNAMIC LOADING DURING ACCIDENT ON THE RAILROAD

The purpose. To evaluate the work of passenger locomotive protective devices in the test scenarios of collisions adopted in the Russian requirements to the passive safety system. **Methodology.** Minimization of the effects of incident collisions is done by inclusion of the passive safety devices designed to absorb the kinetic energy of collision in

РУХОМИЙ СКЛАД ЗАЛІЗНИЦЬ І ТЯГА ПОЇЗДІВ

the car bodies bearing constructions. To estimate the maximum accelerations of the train, as well as the compressing longitudinal forces arising in the intercar connection during collisions the discrete mass model of the train is used. Interaction of the train cars was simulated by introducing intercar connections. **Findings.** At collision of a locomotive at 20 km/h speed (both in separate and in standard train), which does not have a passive safety system, with a vehicle of 10 tones weight the plastic deformations in the locomotive structural elements are observed. At collision of a locomotive with a vehicle, which a mass is comparable to the mass of the loaded car, the plastic deformations in the locomotive structural elements occur at the 10 km/h speed of collision. **Originality.** It is shown that to decrease the maximum longitudinal force occurring between the locomotive and an obstacle like a freight car of 80 tons mass to the standard value it is necessary to equip the end parts of locomotive with safety devices, which deformation is about 1.5 m. **Practical value.** To preserve the car structures integrity and passengers, staff and locomotive brigade safety at the incident collisions, a new generation passenger locomotives have to be equipped with the passive safety system devices. On this basis, it is necessary to conduct further researches in the field of passive safety systems for carriages.

Keywords: rolling stock; locomotive; incident collisions; passive safety system; force characteristics

REFERENCES

1. Blokhin Ye.P., Manashkin L.A. *Dinamika poyezda (nestatsionarnyye prodolnyye kolebaniya)* [Dynamics of the train (transient longitudinal oscillations)]. Moscow, Transport Publ., 1982. 222 p.
2. Lazaryan V.A. O perekhodnykh rezhimakh dvizheniya poezdov [On the transient modes of the train traffic]. *Trudy DIIT "Issledovaniya po dinamike relsovykh ekipazhey (19-yy vypusk trudov seminarov po mekhanike)"* [Proc. of Dnepropetrovsk Institute of Transport Engineers "Studies on the dynamics of railway vehicles (proceedings of the 19-th edition of the seminar on mechanics)"], 1973, issue 152, pp. 3-43.
3. Bogomaz G.I., Naumenko N.Ye., Pshinko A.N., Myamlin S.V. *Nagruzhenost vagonov-tsistern pri perekhodnykh rezhimakh dvizheniya poezdov* [Tank car loading by the transient modes of train traffic]. Kyiv, Naukova dumka Publ., 2010. 215 p.
4. Naumenko N.Ye. Otsenka effektivnosti sistemy passivnoy bezopasnosti lokomotiva pri otrabotke testovykh stseneriyev stolknoveniya [Efficiency estimate of passive safety system of the locomotive during collision test case practice]. *Tekhnicheskaya mekhanika – Technical mechanics*, 2012, no. 1, pp. 3-8.
5. *Normy dlya rascheta i proektirovaniya vagonov zheleznykh dorog MPS kolei 1520 mm (nesamokhodnykh)* [Standards for design and construction of railroads with 1520 mm. track cars (non-self-propelled)]. Moscow, VNIIZhT Publ., 1996. 319 p.
6. Tekhnicheskiye trebovaniya k sisteme passivnoy bezopasnosti podvizhnogo sostava dlya passazhirskikh perevozok zheleznykh dorog kolei 1520 mm [Technical requirements for passive safety system of the rolling stock for passenger traffic on the railroads with 1520 mm. track]. Moscow, OAO "RZhD" Publ., 2011. 16 p.
7. Mekhanicheskaya chast' gruzovykh lokomotivov semeystva Prima [Mechanical part of freight locomotives of the Prima family]. *Zheleznyye dorogi mira – Railways of the world*, 2009, no. 5, pp. 32-45.
8. EN 12663. Railway applications – Structural requirements of railway vehicle bodies. Brussel, European committee for standardization Publ., 2000. 18 p.
9. EN 15227:2008. Railway applications – Crashworthiness requirements for railway vehicle bodies. Brussel, European committee for standardization Publ., 2008. – 37 p.
10. Kraus T. Energopogloshchayushchiye bufera kak sredstvo zashchity pri stolknoveniyakh [Energy-absorbing buffers as protection in collision]. *Zheleznyye dorogi mira – Railways of the world*, 2010, no. 2. pp. 70-72.

Статья рекомендована к публикации д.т.н., ст.науч.сотр. Н. А. Радченко (Украина); д.т.н., проф. В. И. Дырдой (Украина)

Поступила в редколлегию 19.12.2012

Принята к печати 22.02.2013

УДК 629.463.65.027.2

S. MYAMLIN¹, L. NEDUZHA^{2*}, O. TEN³, A. SHVETS²¹ Vice-Rector, The Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan, Lazaryan Str., 2, 49010, Dnipropetrovsk, Ukraine, tel./fax +38 (056) 793 19 03, e-mail sergeymyamin@gmail.com^{2*} Department of Structural Mechanics Chair, The Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan, Lazaryan Str., 2, 49010, Dnipropetrovsk, Ukraine, tel./fax +38 (056) 793 19 03, e-mail nlorhen@i.ua³ Promtractor-Wagon CJSC, 429332, Kanash, Illicha Str., 1a, Russia, tel./fax +78 (83533) 2 55 65, e-mail kvrz@cbx.ru**DETERMINATION OF DYNAMIC PERFORMANCE OF FREIGHT CARS TAKING INTO ACCOUNT TECHNICAL CONDITION OF SIDE BEARERS**

Purpose. The railway transport plays an important role in social and economic life of the country and carries out the large containment of transportation activities. The transport industry should migrate towards innovation changes and increase its significance as an important transit subsystem on the way of renovation of both the infrastructure and the strategy of all transportation process components including the interaction with other transport modes. At present the life sets strategic challenges for the railway branch, and the basic goals among them are as follows: high-speed train traffic development, increase of the weight of freight trains, new rolling stock development etc. Due to the urgency of this subject, the researchers should cope with the task devoted to one of aspects of improving the freight transportation efficiency, namely to the study of effects of various factors and characteristics of technical conditions of the freight cars running gears (which are unavoidable to arise during operation) on their basic dynamic indices. The deviations of technical conditions of running gears from the normal state of the wedge system of bogie swing suspension also play an important role among them. The purpose of the paper is to investigate the influence of different factors of the technical conditions of freight car running gears (size deviation in both the bearers and the wedge system during operation) on their basic indices – coefficients of horizontal and vertical dynamics, vehicle body acceleration, frame strength, and derailment stability coefficient. **Methodology.** The study was conducted by numerical integration and mathematical modeling of the freight car dynamic loading using the software package “Dynamics of Rail Vehicles” (“DYNRAIL”). **Findings.** As a result of the research for freight car dynamic coefficients determination taking into account technical conditions of the side bearers, the dependencies of the basic freight cars dynamic coefficients on the parameters of side bearers (the clearances in the side bearers and the wedge system conditions of the bogie swing suspension) considering running speed in the tangent and curved track sections of minor and mean radii were obtained. **Originality.** The impact of the technical condition of the car running gears on the traffic safety factors is determined. **Practical value.** The theoretical research results in determination of freight car dynamic indices taking into consideration the technical conditions of the side bearers of freight cars allow for an adequate assessment of effect of the freight car bogies’ technical conditions, namely the bearers parameters, on the railway traffic safety factors (coefficients of horizontal and vertical dynamics, vehicle body acceleration, frame strength and derailment stability coefficient).

Keywords: freight cars; bogie side bearers; running speed; tangent and curved track sections; dynamic coefficients

Introduction. Railway Transport of Ukraine plays an important role in social and economic life of our country and the large containment of transportation activities (its share in the total freight turnover is about 85% and passenger turnover share is 45% – Ukrainian railways are the fourth in Eurasia and the sixth in the world rank in good transportation volume) when only 2% of the total working population works on the railway transport. [3].

This confirms that the transport industry should

migrate towards innovation changes and increase its significance as an important transit subsystem on the way of renovation of both the infrastructure and the strategy of all transportation process components including the interaction with other transport modes.

At present, life sets strategic challenges for the railway branch; the basic objectives among them are as follows:

- high-speed train traffic development;
- new rolling stock development and moderniza-

РУХОМИЙ СКЛАД ЗАЛІЗНИЦЬ І ТЯГА ПОЇЗДІВ

tion of the operated car fleet;

- increase of freight trains weight (due to using cars with increased loadings per axle and introduction of multicar trains);
- reconstruction of the railway infrastructure;
- improvement of the railway transportation technology, as well as its quality improvement, including the organization of container and contrailer transportations;
- traffic safety increase;
- improvement of technical and economic performance of railway operation due to migration towards innovative way of the rolling stock construction.

It is clear that these and other tasks may be implemented only on the basis of innovative technical decisions, technologies, scientific researches, engineering developments, the railway industry of Ukraine is oriented on in prospect.

Urgency. In November 2005 by the decision of authorized experts of car facilities of Railway Transport Commission of CIS and Baltic countries two projects of freight car modernization were approved [7]. According to this decision in Ukraine about 42 thousand of cars were modernized, the largest amount of which are open cars (Fig. 1).

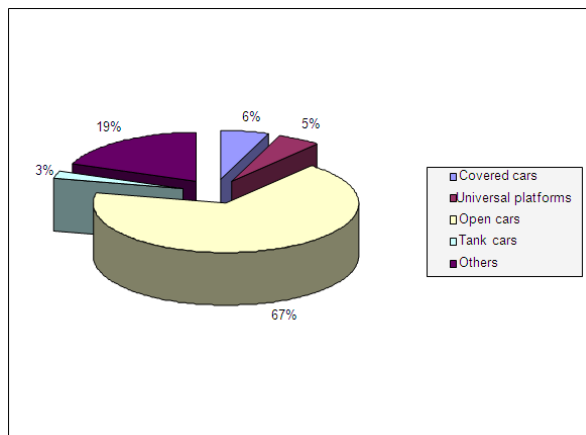


Figure 1. Data of car modernization

Modernization of the freight car bogies is performed for both the repair costs reduction and improvement of the technical and economic performance in operation. Modernization involves the use of bearing (for bogie 18-100) ISB-12C, CCB and Preloud Plus, as well as spacer installation into the center pad, friction wedge with polyurethane plate and friction plate. Modernization with the use of

wear-resistant elements allows increasing the overhaul life of cars from 110 to 160 thousand of km. The interrepair time is also assumed to increase from 2 to 3 years.

Basic requirements for the construction of a new generation cars according to the “Program of rolling stock renovation” are the requirements that allow reducing the operating costs and enhance the economic effectiveness of their use, taking into account scientific and technical progress.

Problem definition. Owing to the urgency of this subject, the task of scientists is devoted to one of the aspects of freight transportation efficiency enhancement, namely to the study of the various factors influence and characteristics of technical state of the freight cars running gears (which are bound to arise during operation) on their basic dynamic parameters. The technical state of running gears deviations from normal condition of the wedge system of the bogie swing suspension also play an important role among them.

The famous domestic scientists have already carried out the research of the impact on the dynamic qualities or the wheel wear (Doctor of technical sciences, Professor Ye. P. Blokhin, V.D. Danovych, Yu. V. Demin, M. L. Korotenko, O. M. Savchuk, V. F. Ushkalov).

Theoretical researches were conducted in motion of the empty and loaded freight cars with the bogie TsNII-Kh3 in the tangent and curved track sections of different radii with the given running speed. The study was conducted by numerical integration and mathematical modeling methods of the freight car dynamic loading using the software system “Dynamics of Rail Vehicles” (“DYNRAIL”).

Main part. It is commonly known, that the setting of permissible car speeds in the tangent and curved track sections is a hard engineering task, which requires differential approach and takes into account the technical condition of the track superstructure (TS) and the running gears of the rolling stock [2].

The results of the permissible speeds setting (on the basis of the previous researches) are presented in the form of histograms for tangent and curved track sections (Fig. 2, b – numeration of the track superstructure types according to the Table 1), which demonstrate the distribution of the running speed values, depending on the track superstructure (for tangent track sections) or on the curve radius and

РУХОМИЙ СКЛАД ЗАЛІЗНИЦЬ І ТЯГА ПОЇЗДІВ

the type of the track superstructure (for curved track sections). According to these data the most durable of the chosen superstructure types are the R65(6) 1840, 2000Shch, Gr, P and heavier tracks, which allow moving with 90 km/h in both the curved and the tangent track sections. The use of these track marks allows motion in the minor radius track section with the speed 70 km/h, which is much higher in comparison with the other marks.

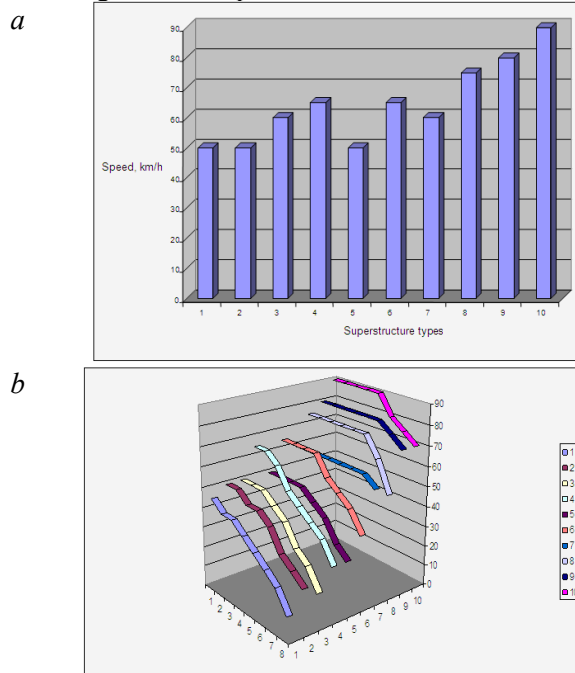


Fig. 2. The running speed value, depending on the track superstructure for tangent (a) and curved (b) track sections

The permissible running speeds were set on the results of dynamic coefficients with their permissible values. The current recommended and permissible dynamic coefficients of the cars according to the “Standards” [5] are presented in the Table 2.

Wheels take the highest horizontal transverse forces from the tracks in the curved track sections [1]. These forces, especially in the minor radii curves, can for several times exceed the forces, arising during the vehicle hunting in the tangent track sections. A considerable amount of accidents and train wrecks caused by the lack of durability of the track or rolling stock construction, as well as the loss of their resistance happens in the curved track sections.

The values of the vertical and horizontal dynamics coefficients, resistance coefficient, the di-

rective, side and frame forces during the vehicle motion in the curves, are necessary for the durability calculations of the track and rolling stock construction, for determination of the minimum radii of the curves, in which certain vehicles can be passed, as well as for the calculation of their resistance.

Table 1

TS Types

N	Superstructure type
1	R43(6) 1600 P
2	R430(6) 1840, 2000 P
3	R43(6) 1600 Gr
4	R430(6) 1840, 2000 Gr
5	R43(6) 1600Shch
6	R43(6) 1840, 2000Shch
7	R50(6) 1600 Shch, Gr, P
8	R50(6) 1840, 2000 Shch, Gr, P
9	R65(6) 1600 Shch, Gr, P
10	R65(6) 1840, 2000 Shch, Gr, P, and hevier

Table 2

The permissible dynamic coefficients for the freight cars

Criterion	Loaded car	Empty car
[VDC]	0.8	0.85
[HDC]	0.4	0.4
[CR]	1.3	1.3
[H _p /P _o]	0.3	0.38
[ah]	0.3	0.3
[av]	0.6	0.7

Dynamic forces, affecting the car depend on many reasons. One of them is elastic and dissipative characteristic in swing suspension.

Theoretical calculations dedicated to the impact research of different factors of the running gears technical condition of the freight cars (which are unavoidable to arise during operation) on their basic dynamic coefficients. The clearances between bearers and the deviations of technical conditions of running gears from the normal state of the wedge system of bogie swing suspension also play an important role among them.

The ability of the different bearer's type fitting in the construction of the freight cars bogies in the system of the body mounting on the truck bolsters

РУХОМИЙ СКЛАД ЗАЛІЗНИЦЬ І ТЯГА ПОЇЗДІВ

is provided [8]. In the majority of cases on the four-wheel freight car bogies on the post-Soviet space as the simplest ones the hard bearers are being used. They are placed with the clearance between the bogie bearer and the vehicle body, which allows swaging the vehicle body on the center plates till this clearance exists.

During the wedge dampeners of the friction force operation with the relative vertical and horizontal movement of the surfaces the friction of the wedges 1 on the friction plates 2 arises (Fig. 3).

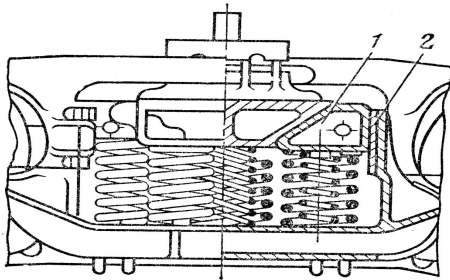


Fig. 3. Installation diagram of bearers on the bogie 18-100¹ 1 – wedge, 2 – friction plate

Size deviations in both the bearers and the wedge system, undoubtedly, influence the change of the car values. The level of this influence will be examined further.

Results. Theoretical researches of the influence of bearer clearances on the freight car dynamic loading were conducted with nominal clearances in all four bearers, equal to 5 mm. This means that the total clearance on both sides of the car ends equaled 10 mm. Permissible clearance in the freight car depot repair is 6 - 16 mm in total for all types of eight-wheel cars except hoppers and dumpcars, for which this value is equal to 6 - 12 mm.

During calculation the clearances between bearers to 12.5 mm (i.e. 25 mm. in total that exceeds the permissible depot repair value but occurs in operation) were examined.

In Fig. 3 (a– b) the resulted values of dynamic performance of the vertical dynamics coefficients (VDC) and coefficient of resistance against the wheel mounting of a wheel on a rail, as well as framed force value H_p and the vertical acceleration value in the center plate zone Z_p during the open car motion in a curve with radius of 600 m.

The obtained results show that VDC and CR are higher than permissible values (Table 2). How-

ever, Z_p value significantly increases with the running speed of 80 and 90 km/h and reaches the maximum value with 2,5 mm clearance. Perhaps, it is reasonable to reduce the permissible speed of 90 km/h to 75 km/h (Fig. 4–5).

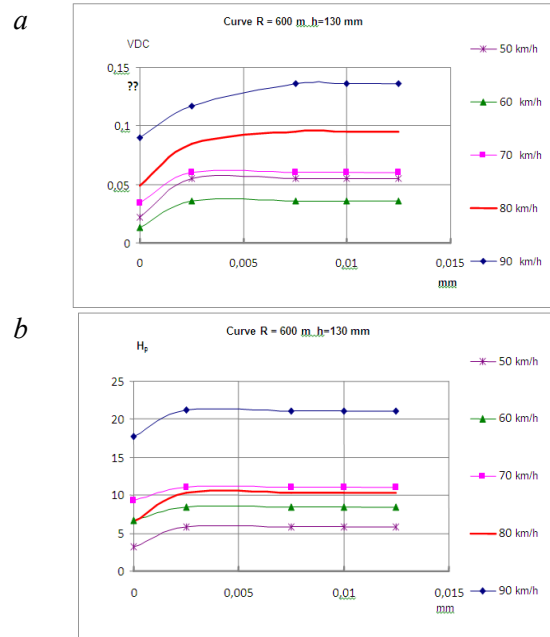


Fig. 4 Dependence of the vertical dynamics coefficients (a) and the framed force of freight car on the clearance in the bearers during motion in the curve with radius 600 m

In the Fig. 6–7 the similar values of the dynamic values during car motion in the curve with radius of 350 m are given. The results show that VDC and CR values are also higher than minimal permissible values (Table 2). The framed force value is almost 1.5 times exceeds the values obtained for the curve with 600 m radius, and the acceleration in the center plate zone is not a stable value when the running speed is 70 km/h. The permissible running speed in the minor radius curves should be considered at the level 65 km/h (Fig. 2, b).

The simultaneous increase or decrease of clearances in the bearers practically does not affect the dynamic values. Clearance changes in the bearers, located diagonally across the body, also do not affect the above mentioned values and the stability coefficients.

The change of clearances, located on the one side from 5 mm to 0 does not essentially affect the stability coefficient only, when all others dynamics

РУХОМИЙ СКЛАД ЗАЛІЗНИЦЬ І ТЯГА ПОЇЗДІВ

coefficients change within the clearance range from 5 to 0 mm and then become stable.

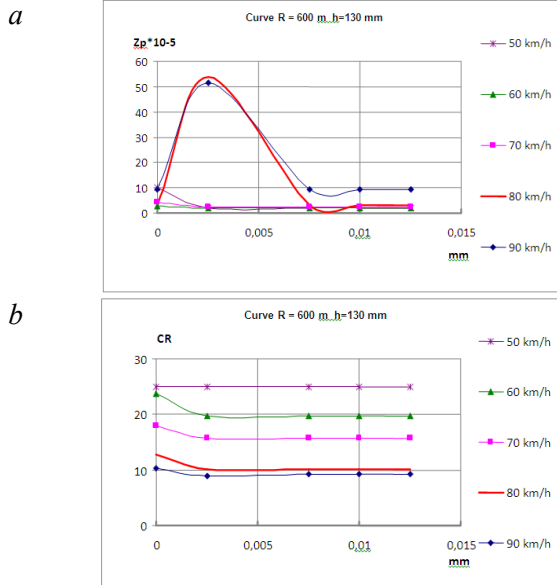


Fig. 5. Dependence of the vertical acceleration value in the center plate zone (a) and the resistance coefficient of the freight car (b) on the clearance in the bearer during motion in a curve with the radius 600 m

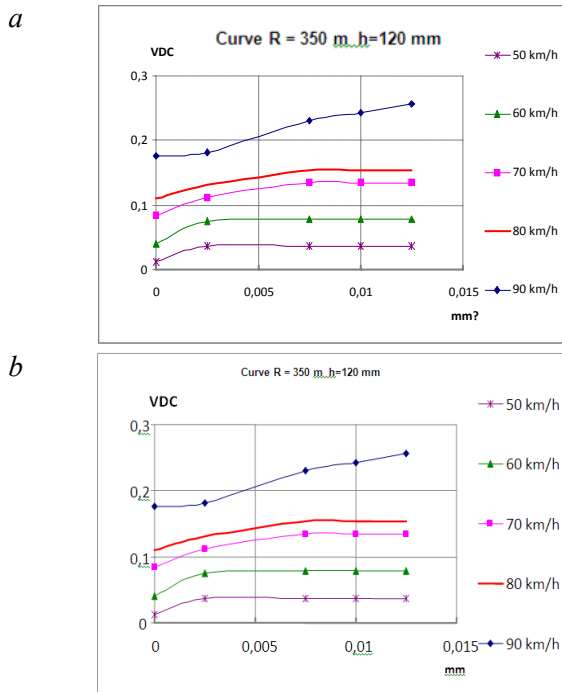


Fig. 6. Dependence of the vertical dynamics coefficient (a) and the framed force (b) on the clearance in the bearer during motion in the curve with the radius 350 m

During further increase of clearances in the bearers some degradation of the car dynamic load-

ing occurs. Hence, the value of nominal clearances up to 5 mm is substantiated.

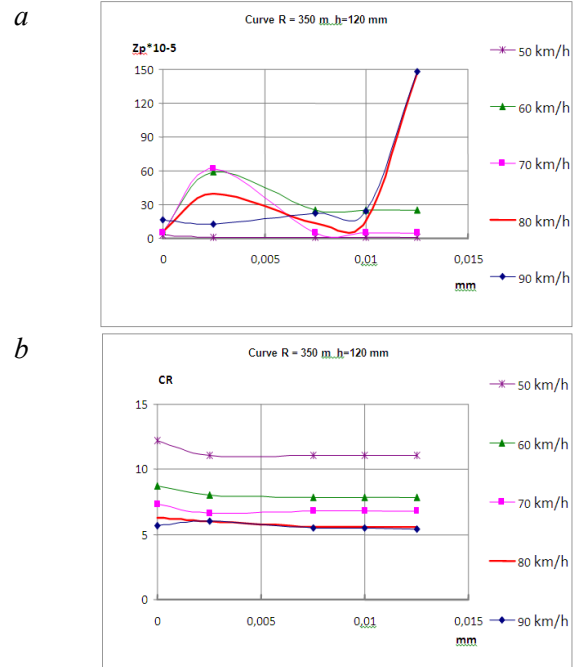


Fig. 7. Dependence of the vertical acceleration value in the center plate zone (a) and resistance coefficient (b) of the freight car on the clearance in bearer during motion in the curve with radius 350 m

As a result of calculations, it is also established that the total longitudinal clearance less than 7 mm (transverse less than 5 mm) is unacceptable. Since the “Standards” accept the minimal clearances: longitudinal clearance – 6 mm, transverse clearance – 5 mm, then these clearances are recommended to accept as the minimal ones.

In the research of the impact of deviations from normal condition of the bogie swing suspension wedge system on the dynamic loading of the car several conditions of the wedge system are studied [4, 9]:

- the normal condition, at which the damping factor is taken as 1;
- the condition of low friction that arises in the bogie design when the wedge is higher as compared to the normal condition; in that case the coefficient φ is taken as 0.2 or 0.5
- overdamped condition of the system, at which the coefficient φ is taken as 1.5;
- full absence of the friction in the system when the coefficient φ is taken as 0.

РУХОМИЙ СКЛАД ЗАЛІЗНИЦЬ І ТЯГА ПОЇЗДІВ

Conclusions. As a result of the research the dependencies of the eight-wheel freight car on the bearer parameters, taking into account the running speed were obtained. Thus, the resulted calculations allow for an objective assessment the impact of the technical condition of the car running gears on the traffic safety factors.

LIST OF REFERENCE LINKS

1. Вериги, М. Ф. Взаимодействие пути и подвижного состава / М. Ф. Вериги, А. Я. Коган. – М. : Транспорт, 1986. – 560 с.
2. Данович, В. Д. Определение допускаемых скоростей движения грузовых вагонов по ж.-д. путям колеи 1520 мм / В. Д. Данович, В. В. Рыбкин, С. В. Мямлин, А. Г. Рейдемейстер, А. Г. Трякин, Н. В. Халипова // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна – Д. : ДНУЗТ, 2003. – Вип. 2. – С. 77–86.
3. Костюк, М. Д. Железнодорожный потенциал Украины / М. Костюк // Евразия. Вести. – 2009. – № 11. – С. 14.
4. Луханин, Н. И. Динамика грузовых вагонов с учетом поперечного смещения тележек / Н. И. Луханин, С. В. Мямлин, Л. А. Недужая, А. А. Шве́ц / 36. наук. праць ДонІЗТ. – 2012. – Вип. 29. – С. 234–241.
5. Нормы для расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных). – М. : ГосНИИВ – ВНИИЖТ, 1996. – 352 с.
6. Свидетельство о регистрации авторского права на произведение №7305. Компьютерная программа «Dynamics of Rail Vihscles» («DYN-RAIL») / Мямлин С. В.; зарегистр. 20.03.2003.
7. Сергиенко, Н. И. Состояние и перспективы развития вагонного хозяйства Укрзализныци / Н. И. Сергиенко // Вагонный парк. – 2011. – № 9. – С. 4–13.
8. Шадур, Л. А. Вагоны: Конструкция, теория и расчет : учебник для ВУЗов ж.-д. трансп. / ред. Л. А. Шадура. – М. : Транспорт, 1980. – 440 с.
9. Myamlin, S. Spatial Vibration of Cargo Cars in Computer Modelling with the Account of Their Inertia Properties / S. Myamlin, A. Ten, L. Neduzha, A. Shvets // Mechanika 2010 (8.04.2010 – 9.04.2010) : proc. of 15th International Conference. – Kaunas : Kaunas University of Technology, 2010. – P. 325–328.

С. В. МЯМЛИН¹, Л. А. НЕДУЖАЯ^{2*}, А. А. ТЕН³, А. А. ШВЕЦ²

¹Проректор по научной работе, Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, 49010, Днепропетровск, Украина, тел./факс +38 (056) 793 19 03, эл. почта sergeymyamlin@gmail.com

^{2*}Каф. «Строительная механика», Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, 49010, Днепропетровск, Украина, тел./факс +38 (056) 793 19 03, эл. почта nlorhen@i.ua

³«Промтрактор–Вагон», ул. Ильича, 1а, 429332, Канаш, Российская Федерация, тел./факс +78 (83533) 2 55 65, эл. почта kvrtz@cbx.ru

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ С УЧЕТОМ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СКОЛЬЗУНОВ

Цель. Железнодорожный транспорт играет важную роль в социально-экономической жизни государства и осуществляет большой объем перевозочной работы. Транспортная отрасль должна двигаться в направлении инновационных изменений, повышать свое значение как важной транзитной подсистемы на пути обновления не только инфраструктуры, но и стратегии всех составляющих перевозочного процесса, в том числе и при работе во взаимосвязи с другими видами транспорта. На современном этапе жизнь ставит перед железнодорожной отраслью стратегические задачи, основные среди которых: развитие скоростного движения поездов, увеличение массы грузовых поездов, разработка нового подвижного состава и т. п. В связи с актуальностью данной тематики перед учеными поставлена задача, посвященная одному из аспектов повышения эффективности грузовых перевозок, а именно - исследованию влияния различных факторов и характеристик технического состояния ходовых частей грузовых вагонов (которые неизбежно возникают при их эксплуатации) на их основные динамические показатели. Среди них важную роль играют и отклонения технического состояния ходовых частей от нормального состояния клиновой системы рессорного подвешива-

РУХОМИЙ СКЛАД ЗАЛІЗНИЦЬ І ТЯГА ПОЇЗДІВ

ния тележки. Цель данной работы посвящена исследованию влияния различных факторов технического состояния ходовых частей грузовых вагонов (отклонение размеров как в скользунах, так и в клиновой системе во время эксплуатации) на их основные показатели – коэффициенты горизонтальной и вертикальной динамики, ускорение кузова, рамная сила, коэффициент устойчивости от схода с рельсов. **Методика.** Исследование проводилось методом численного интегрирования и математического моделирования динамической нагруженности грузового вагона с использованием программного комплекса «Dynamics of Rail Vehicles» («DYNRAIL»). **Результаты.** В результате исследований по определению динамических показателей грузовых вагонов с учетом технического состояния скользунов получены зависимости основных динамических показателей грузового вагона от параметров скользунов (зазоров в скользунах и состояния клиновой системы рессорного подвешивания тележек) с учетом скорости движения в прямых и кривых малого и среднего радиуса участков пути. **Научная новизна.** Определено влияние технического состояния ходовых частей вагона на факторы безопасности движения. **Практическая значимость.** Результаты теоретических исследований по определению динамических показателей грузовых вагонов с учетом технического состояния скользунов грузовых вагонов позволяют объективно оценить влияние технического состояния тележек грузовых вагонов в части параметров скользунов на показатели безопасности движения на железной дороге (коэффициенты горизонтальной и вертикальной динамики, ускорение кузова, рамная сила, коэффициент устойчивости от схода с рельсов).

Ключевые слова: грузовые вагоны; скользуны тележек; скорость движения; прямые и кривые участки пути; динамические показатели

С. В. МЯМЛІН¹, Л. О. НЕДУЖА^{2*}, О. О. ТЕН³, А. О. ШВЕЦЬ²

¹Проректор з наукової роботи, Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, 49010, Дніпропетровськ, Україна, тел./факс. +38 (056) 793 19 03, ел. пошта sergeymyamin@gmail.com

^{2*}Каф. «Будівельна механіка», Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, 49010, Дніпропетровськ, Україна, тел./факс. +38 (056) 793 19 03, ел. пошта nlorhen@i.ua

³«Промтрактор–Вагон», вул. Ілліча, 1а, 429332, Канаш, Російська Федерація, тел./факс. +78 (83533) 2 55 65, ел. пошта kvrtz@cbx.ru

ВИЗНАЧЕННЯ ДИНАМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ВАНТАЖНИХ ВАГОНІВ З УРАХУВАННЯМ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ КОВЗУНІВ

Мета. Залізничний транспорт відіграє важливу роль у соціально-економічному житті держави та здійснює великий обсяг перевізної роботи. Транспортна галузь повинна рухатися в напрямку інноваційних змін, підвищувати своє значення як важливої транзитної підсистеми на шляху оновлення не тільки інфраструктури, а й стратегії всіх складових перевізного процесу, в тому числі і при роботі у взаємозв'язку з іншими видами транспорту. На сучасному етапі життя ставить перед залізничною галуззю стратегічні задачі, основні серед яких: розвиток швидкісного руху поїздів, збільшення маси вантажних поїздів, розробка нового рухомого складу тощо. В зв'язку з актуальністю цієї тематики перед науковцями поставлена задача, присвячена одному з аспектів підвищення ефективності вантажних перевезень, а саме – дослідженню впливу різних факторів та характеристик технічного стану ходових частин вантажних вагонів (які неминуче виникають при їх експлуатації) на їх основні динамічні показники. Серед них важливу роль відіграє і відхилення технічного стану ходових частин від нормального стану клинової системи рессорного підвішування візка. Мета даної роботи присвячена дослідженню впливу різних факторів технічного стану ходових частин вантажних вагонів (відхилення розмірів як в ковзунах, так і в клиновій системі під час експлуатації) на їх основні показники – коефіцієнти горизонтальної та вертикальної динаміки, прискорення кузова, рамна сила, коефіцієнт стійкості від сходу з рейок. **Методика.** Дослідження проводилось методом чисельного інтегрування та математичного моделювання динамічної завантаженості вантажного вагону з використанням програмного комплексу «Dynamics of Rail Vehicles» («DYNRAIL»). **Результати.** В результаті досліджень щодо визначення динамічних показників вантажних вагонів з урахуванням технічного стану ковзунів отримано залежності основних динамічних показників, вантажного вагону від параметрів ковзунів (зазорів в ковзунах та стану клинової системи рессорного підвішування візків) з урахуванням швидкості руху на прямих та кривих малого та середнього радіуса ділянках колії. **Наукова новизна.** Визначено вплив технічного стану ходових частин вагона

РУХОМИЙ СКЛАД ЗАЛІЗНИЦЬ І ТЯГА ПОЇЗДІВ

на фактори безпеки руху. **Практична значимість.** Результати теоретичних досліджень щодо визначення динамічних показників вантажних вагонів з урахуванням технічного стану ковзунів дозволяють об'єктивно оцінити вплив технічного стану візків вантажних вагонів в частині параметрів ковзунів на показники безпеки руху на залізниці (коефіцієнти горизонтальної та вертикальної динаміки, прискорення кузову, рамна сила, коефіцієнт стійкості від сходу з рейок).

Ключові слова: вантажні вагони; ковзуни візків; швидкість руху; прямі та криві ділянки колії; динамічні показники

REFERENCES

1. Verigo M.F., Kogan A.Ya. *Vzaimodeystviye puti i podvizhnogo sostava* [Railway track and rolling stock interaction]. Moscow, Transport Publ., 1986. 560 p.
2. Danovich V.D., Rybkin V.V., Myamlin S.V., Reydemeyster A.G., Tryakin A.G., Khalipova N.V. *Opredeleniye dopuskaemykh skorostey dvizheniya gruzovykh vagonov po zh.-d. putyam kolei 1520 mm* [Permissible velocity determination of the freight cars on the railroads with the 1520 mm.track]. *Visnik Dnipropetrovskoho natsionalnoho universytetu zaliznychnoho transportu imeni akademika V. Lazaryana* [Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan], 2003, issue 2, pp. 77-86.
3. Kostyuk M.D. *Zheleznodorozhnyy potentsial Ukrainy* [Railway potential of Ukraine]. *Yevraziya. Vesti – Eurasia. News*, 2009, no. 11, pp. 14.
4. Lukhanin N.I., Myamlin S.V., Neduzhaya L.A., Shvets A.A. *Dinamika gruzovykh vagonov s uchetom poperechnogo smeshcheniya telezhok* [Freight cars dynamics, taking into account transversal displacement of the bogies]. *Zbirnik naukovykh prats Donetskoho instytutu zaliznychnoho transportu –Proceedings of the Donetsk Railway Transport Institute*, 2012, issue 29, pp. 234-241.
5. *Normy dlya rascheta i proektirovaniya vagonov zheleznykh dorog MPS kolei 1520 mm (nesamokhodnykh)* [Standards for design and construction of railroads with 1520 mm. track cars (non-self-propelled)]. Moscow, GosNIIIV –VNIIZhT Publ., 1996. 352 p.
6. Myamlin S.V. Computer«Dynamics of Rail Vihsclcs » («DYNRAIL»). Certificate of copyright registration on the invention, no. 7305, 2003.
7. Sergiyenko N.I. *Sostoyaniye i perspektivy razvitiya vagonnogo khozyaystva Ukrzaliznytsi* [Condition and development prospects for Ukrzaliznytsia's car facilities]. *Vagonnyy park – Wagon fleet*, 2011, no. 9, pp. 4-13.
8. Shadur L.A. *Vagony: Konstruktsiya, teoriya i raschet* [Cars: construction, theory and calculation]. Moscow, Transport Publ., 1980. 440 p.
9. Myamlin S., Ten A., Neduzha L., Shvets A. *Spatial Vibration of Cargo Cars in Computer Modelling with the Account of Their Inertia Properties*. Proceedings of 15th International Conference “Mechanika 2010”. Kaunas, 2010, pp. 325-328.

Prof. V. L. Horobets, D.Sc. (Tech); Prof. O. O. Beygul, D.Sc. (Tech) recommended this article to be published

Received 13.12.2012

Accepted 22.02.2013

ТРАНСПОРТНЕ БУДІВНИЦТВО

УДК 691.328:666.972.16

В. В. ПРИСТИНСЬКА^{1*}

^{1*} Каф. «Будівлі та будівельні матеріали», Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, 49010, Дніпропетровськ, Україна, тел.+38 (056) 373 15 46, ел. пошта viktoriya_mega@mail.ru

ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ХІМІЧНИХ ДОБАВОК ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ВИРОБІВ

Мета. Розглянути різноманітні добавки вітчизняного виробництва і оцінити доцільність їх використання для виробів транспортного будівництва. **Методика.** Дослідження проводилося шляхом введення суперпластифікатора та активної мінеральної добавки. **Результати.** В комплексну добавку повинен входити ефективний суперпластифікатор, а також можуть входити добавки, які керують кінетикою тужавлення і твердіння, повітровтягуючі добавки і піногасники, дисперсні і тонкодисперсні мінеральні наповнювачі. В останні роки широке розповсюдження здобули орґано-мінеральні модифікатори типу суперпластифікатор – активна мінеральна добавка (мікрокремнезем, метакполін, зола). **Наукова новизна.** Досліджено вплив різноманітних добавок на якість бетону. Встановлено, що комплексна добавка ПЛПК заслуговує особливої уваги, оскільки дозволяє отримувати бетони з дуже високими характеристиками довговічності і рекомендується для застосування в залізничних шпалах. Таким чином, введенням добавок до складу бетону можна суттєво підвищити довговічність і надійність залізобетонних виробів. **Практична значимість.** Результати дослідження можуть використовуватися для підвищення надійності і довговічності бетонних конструкцій. Це потребує подальших досліджень з підбору складу бетону з комплексною добавкою ПЛПК і додаванням активних мінеральних компонентів.

Ключові слова: надійність; довговічність; міцність; добавка; суперпластифікатор; мікрокремнезем; зола-виносу; зносостійкість; тріщиностійкість; модифікатор

Постановка проблеми

Довговічність залізобетонних виробів, зокрема плит безбаластного мостового полотна (БМП) багато в чому залежить від якості бетону, яка, в свою чергу, залежить від якості матеріалів, що використовуються при виготовленні бетонної суміші. В плитах БМП вже в перші два-три роки після укладання виникають тріщини та безліч дефектів, що спричиняються їх складним напружено-деформованим станом. Ще однією з причин погіршення експлуатаційних характеристик цих плит вважають недосконалість складу бетону. Усунення цих тріщин і підвищення довговічності бетону на сьогоднішній день є дуже актуальною проблемою.

Аналіз попередніх досліджень

Проведений аналіз матеріалів досліджень і публікацій [1-8] вказує на те, що суттєво підвищити довговічність та якість бетону залізобетонних виробів можна за рахунок введення хімічних добавок, які дозволяють покращити властивості та структуру бетону. В наш час існує дуже багато добавок вітчизняних виробників, які своїми властивостями не поступаються закордонним, але в багатьох конструкціях і виробках вони не застосовуються, тому що нормативними документами висуваються дуже жорсткі вимоги щодо їх використання.

ТРАНСПОРТНЕ БУДІВНИЦТВО

Мета роботи

Розглянути різноманітні добавки вітчизняного виробництва і оцінити доцільність їхнього використання для виробів транспортного будівництва, зокрема плит БМП.

Виклад основного матеріалу

Плити БМП працюють в тяжких умовах експлуатації. У зв'язку з цим, до якості бетону, що визначається його складом, способами укладання та подальшого догляду, висуваються підвищені вимоги щодо міцності, морозостійкості, водонепроникності, стійкості до агресивної дії рідких середовищ, стирання, тріщиностійкості і довговічності. Також актуальними є питання забезпечення високої технологічності цементних систем при низькому В/Ц, рухливості бетонних сумішей, економії цементу та енергоносіїв.

Ці вимоги до бетону можуть бути задоволені за рахунок введення добавок у цементобетон. У світовій практиці частка бетонів з вмістом добавок невинно зростає, в промислово розвинених країнах не менше 90 % цементного бетону випускають з хімічними добавками. На сьогоднішній день в Україні хімічні добавки застосовують практично у всіх технологіях виробництва бетону, що сприяє появі нових технологій, реалізувати які, без добавок, було просто неможливо. Сучасний бетон перетворюється завдяки новим хімічним добавкам у все більш складний композиційний матеріал, властивості якого можуть набагато перевершувати традиційний склад бетону [5].

Однак для отримання бетонів високої міцності найбільш ефективно застосування не окремих добавок, а спеціально підібраних комплексних добавок поліфункціональної дії в залежності від призначення бетону і вимог, щодо його якості.

В комплексну добавку повинен входити ефективний суперпластифікатор, а також можуть входити добавки, які керують кінетикою тужавлення і твердіння, повітровтягуючі добавки і піногасники, дисперсні і тонкодисперсні мінеральні наповнювачі. Склад комплексної добавки повинен відповідати вибраній технології і заданим властивостям бетону.

В останні роки широке розповсюдження здобули органо-мінеральні модифікатори типу суперпластифікатор + активна мінеральна добавка (мікрокремнезем, метаколін, зола й ін.).

Наприклад, Živica V. запропонував новий вид комплексного органо-мінерального модифікатора у вигляді меленого доменного граншлаку і суспензії мікрокремнезему у водному розчині лужного активатора шлаку [8].

В останній час встановлено прискорюючу дію на твердіння цементу тіосульфату і роданіду натрію ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ і NaSCH). Добавки тіосульфату і роданіду натрію не викликають корозії арматури в залізобетоні. Як тіосульфат, так і роданід натрію є порівняно дорогими добавками, тому практичний інтерес представляють суміші цих солей на базі промислових відходів, зокрема переробки коксового газу. В Україні це добавки системи «Релаксол» [1].

«Релаксол-Супер» – комплексна добавка-суперпластифікатор, призначена для виготовлення товарних бетонів високого класу, а також залізобетонних виробів з можливістю зниження параметрів термообробки. «Релаксол-Супер» дозволяє: підвищити рухливість бетонної суміші з П1 до П5, знизити водопотребу суміші на 20%, забезпечити зростання міцності на ранній стадії твердіння, знизити параметри ТВО, підвищити міцність, водонепроникність та морозостійкість. Рекомендоване дозування добавки складає 0,5...2,5 % від маси цементу.

«Релаксол-Темп 3» – добавка-прискорювач твердіння бетону. Введення добавки дозволяє: інтенсифікувати гідратацію, зменшити терміни твердіння цементу, збільшити ранню міцність бетону. Дозування добавки: 0,8... 2 % від маси цементу.

«Релаксол-Універсал ВМ» – органо-мінеральний комплекс, який включає в себе мінеральний компонент і суперпластифікатор. Добавка застосовується для виробництва товарних бетонів і залізобетонних конструкцій з підвищеними характеристиками за щільністю, водонепроникністю, міцністю. Введення добавки дозволяє: знизити водопотребу бетонної суміші на 15 %, підвищити міцність бетону на 20 % при незмінній кількості цементу, поліпшити характеристики довговічності (водонепроникність, морозостійкість, корозійну стійкість), знизити водопотребу і розшарування бетонної суміші. Дозується в кількості 1,0...6,0 % від маси цементу.

«Релаксол-Норма» – комплексна добавка з сильною пластифікуючою і водоредуційною дією. Призначена для регулювання рухливості та зручноукладальності бетонних сумішей при їх транспортуванні, а також прискорення набору

ТРАНСПОРТНЕ БУДІВНИЦТВО

міцності. «Релаксол-Норма» дозволяє: отримати високорухливі бетонні суміші однорідної структури, зменшити витрату цементу, знизити водопотребу бетонної суміші на 10–15 %, підвищити міцність, зменшити усадку і повзучість. Добавка дозується в кількості 0,5...2,5 % від маси цементу. Виробник добавок системи «Релаксол»: ТОВ «Будіндустрія ЛТД», м. Запоріжжя [3].

Суперпластифікатор «Дофен-М» є аналогом широко відомого «С-3» (Росія), «Майті» (Японія), «Мелмент» (Германія). «Дофен-М» застосовується як високорозріджуюча добавка, найкраща для товарного бетону, для густоармованих конструкцій і там, де необхідні високорухливі суміші або отримання бетону високої довговічності. Він представляє собою продукт олігомерного типу на основі натрієвих солей сульфокислот нафталіну і його похідних. Ефективність використання: значно зменшується час набору технологічної та відпускну міцності бетону, скорочується цикл виготовлення конструкцій, забезпечується істотна економія цементу, енерго- і трудовитрат, підвищується марочна міцність бетону, щільність, водонепроникність, морозостійкість, корозійна стійкість, довговічність. Оптимальне дозування добавки складає 0,35...0,45 % від маси цементу. Виробник: НВФ «Модиф», м. Донецьк.

Модифікатор бетону «Катапласт» ПФМ-НЛК – поліфункціональна повітровтягуюча добавка-суперпластифікатор на основі нафталінсульфоната, що забезпечує стабільне підвищення морозостійкості. ПФМ-НЛК рекомендується застосовувати для виготовлення збірних і монолітних залізобетонних конструкцій, призначених для експлуатації в умовах агресивного впливу навколишнього середовища і в суворих кліматичних умовах. Він не містить хлоридів і може застосовуватися при виготовленні армованих і попередньо напружених залізобетонних конструкцій. Введення ПФМ-НЛК дозволяє: отримувати бетони з підвищеною морозостійкістю, водонепроникністю і корозійною стійкістю, збільшити характеристики міцності на 15% (за рахунок скорочення витрат води при незмінних витратах цементу і рухливості бетонної суміші), зменшити витрату цементу в рівнорухливих сумішах на 10 – 15 %, отримувати сульфатостійкі бетони з використанням звичайного портландцементу. Рекомендоване дозування добавки складає 0,6...0,8 % від маси

цементу. Постачальник: ТОВ «Поліпласт Україна», м. Київ.

Добавка «Реламікс» – нова перспективна розробка російських та українських учених. Реламікс ущільнює структуру бетону і забезпечує підвищення його морозостійкості і водонепроникності, не має корозійного впливу на арматуру. «Реламікс» – це прискорювач набору міцності і суперпластифікатор на основі суміші неорганічних (роданіду та тіосульфату) і органічних солей натрію [2]. Введення добавки сприяє: збільшенню кінцевих характеристик міцності бетону, зменшенню кількості води, скороченню тривалості або зниженню температури ТВО. Добавка дозується у кількості 0,6...1,5 % від маси цементу. Постачальник: ТОВ «Поліпласт Україна», м. Київ.

Підвищення механічних і технологічних характеристик бетонів і будівельних розчинів, отриманих з використанням комплексних добавок бетону «ПЛКП», забезпечується за рахунок модифікування кристалів цементного каменю. Цілеспрямована розробка системи модифікаторів дозволила одночасно з прискоренням і більш повним здійсненням процесу гідратації цементу отримати можливість впливу на процеси кристалоутворення. Система комплексних добавок до бетону «ПЛКП» дозволяє впливати на розміри і форму кристалів цементного каменю, забезпечувати необхідні властивості будівельних матеріалів, структура штучного каменю, що формується, забезпечує підвищення міцності на стиск і вигин, зносостійкості, морозостійкості і водонепроникності бетонів.

Введенням добавки «ПЛКП-1» можна досягти: підвищення рухливості бетонної суміші від 2-4 до 14-22 см, зниження водоцементного відношення на 8-15 %, запобігання розшаруванню і продовжуючи час переробки суміші, підвищення міцності бетону на 30-50 %, зменшення витрати цементу на 10-25 %, значного зменшення усадки бетону під час твердіння (перешкоджаючи утворенню тріщин), підвищення зносостійкості бетону та надійності конструкцій, підвищення морозостійкості та водонепроникності бетону, скорочення витрати тепла при виробництві збірного залізобетону на 30-60 %, здійснення бетонування при температурі до -15 °С. Добавка дозується у кількості 0,5...1,5 % від маси цементу. Виробник добавок для бетону «ПЛКП»: ПП «Логія», м. Дніпропетровськ.

ТРАНСПОРТНЕ БУДІВНИЦТВО

«PLASTPLUS-SPC» – вискоєфективний суперпластифікатор, виготовлений на основі полікарбоксилатних ефірів, що прискорює процес набору міцності та призначений для конструкційного бетону. Ефективність використання: підвищення ранньої та кінцевої міцності, зниження витрат води в бетонній суміші до 20 %, зниження витрат цементу при збереженні характеристик міцності до 25 %, підвищення рухливості бетонної суміші з П1 до П5, підвищення морозостійкості бетону на 2 марки і більше, підвищення водонепроникності бетону на 3 ступені і більше, зниження розшарування бетонної суміші, зниження водовідділення бетонної суміші, підвищення якості поверхні виробів, сумісність з усіма видами цементу, не випадає в осад, не містить хлоридів. Дозування добавки: 0,6...1,2% рідкої речовини від загальної маси цементу. Виробник: ПП «Пластифікатор-Плюс», м. Київ.

«Віртуоз-31» використовується в якості суперпластифікатора для приготування бетону, монолітного бетону та залізобетону. Введення добавки дозволяє: підвищити рухливість бетону в 7 разів, покращити зчеплення нового бетону зі старим, зменшити водопотребу на 20 %, прискорити твердіння бетону в 3 рази, підвищити початкову та кінцеву міцність, підвищити довговічність бетону, досягти економії цементу до 25 %. Дозування: на 100 кг цементу 0,5...2 л добавки. Виробник: ТОВ НВП «ВІРТУОЗ», м. Київ.

В якості активної мінеральної добавки використовують мікрокремнезем. Він утворюється в процесі виплавки феросиліцію і його сплавів. Його застосовують в мостобудуванні, дорожньому будівництві, при зведенні житлових і виробничих об'єктів, гребель і дамб, бурових платформ і свердловин, колекторних трас. Популярність мікрокремнезему пояснюється його унікальною здатністю позитивно впливати на властивості будівельних матеріалів, покращуючи їх якісні характеристики: міцність, морозостійкість, проникність, хімічну стійкість, сульфатостійкість, зносостійкість і ін. Використання мікрокремнезему дозволяє отримувати з рядових матеріалів бетон з високими експлуатаційними характеристиками і унікальними конструкційними можливостями, такими як: стійкість до стирання, зменшена до 200...450 кг/м³ витрата цементу, висока міцність, висока рухливість бетонної суміші (ОК = 22–24 см), підвищена антикорозійна стійкість, низька проникність для води і газів

W12-W16, морозостійкість F200-F600, підвищена довговічність (стійкість до сульфатної і хлоридної агресій, слабких кислот, морської води).

Ефект заповнення пор, що створюється пуцолановими сферичними мікрочастками, сприяє значному зменшенню капілярної пористості і проникності бетону. Оскільки мікрокремнезем має більший вплив на проникність, ніж на міцність, бетон з його вмістом завжди буде набагато менш проникним, ніж бетон еквівалентної міцності на звичайному портландцементі.

Відомо, що низька проникність і низький вміст вільного вапна підвищує стійкість бетону до дії агресивних хімічних речовин. Бетон з вмістом мікрокремнезему володіє цими якостями і проявляє чудову стійкість до дії цілого ряду речовин. Довгострокові польові випробування показали, що за своєю потенційною стійкістю до сульфату він дорівнює сульфатостійкому портландцементу.

Введення до складу бетону мікрокремнезему спільно з суперпластифікатором призводить до значно більшого зниження його проникності, що обумовлено скороченням початкового водовідділення і зміною структури цементного каменю. Процес характеризується збільшенням кількості пор гелю при одночасному зниженні кількості капілярних пор. Ця тенденція посилюється при збільшенні питомої поверхні мікрокремнезему і його дозувань у складі цементного каменю [4, 6].

Незважаючи на великий практичний досвід використання мікрокремнезему і досягнуті успіхи, результати численних досліджень, виконаних в останні десятиліття, в тому числі із застосуванням електронної мікроскопії, змушують з великою увагою ставитися до проблеми його застосування в бетонних технологіях. В основному це стосується ущільнених форм мікрокремнезему, що найбільш часто використовуються в бетонних роботах. Процес ущільнення, пов'язаний з утворенням великих агрегатів, знижує активність мікрокремнезему. Необхідно відзначити, що ефективність мікрокремнезему у складі розчинових і бетонних сумішей в значній мірі залежить від форми його застосування і дисперсності, особливо при невеликих дозах.

В якості вискоєфективної пуцоланової добавки все більшу популярність в світі набуває високоактивний метакаолін. Це штучний екологічно чистий матеріал, виготовлений з чистих каолінітів. За своєю хімічною природою

ТРАНСПОРТНЕ БУДІВНИЦТВО

метакаолін істотно відрізняється від мікрокремнезему, представляючи собою суміш аморфного кремнезему і глинозему, що змішані практично в рівних кількостях. Частинки метакаоліну мають пластинчасту форму, яка обумовлює високу питому поверхню, що досягає 30 м²/г. Введення метакаоліну дозволяє: підвищити пластичність і легкоукладальність бетонної суміші, полегшити обробку бетонних поверхонь, суттєво знизити витрату суперпластифікаторів, необхідних для компенсації ефекту загущення при введенні тонко дисперсної добавки до цементу. Зокрема, при раціональному підборі дозування метакаоліну і пластифікатора, легкоукладальність бетону з метакаоліном може виявитися навіть більше, ніж рухливість бетону того ж складу з тією ж кількістю пластифікатора, але без метакаоліну [2].

Високий вміст активного глинозему обумовлює хімічні особливості цієї добавки. Глинозем здатний зв'язувати в кілька разів більше вапи порівняно з кремнеземом, що і обумовлює більш високу пуцоланову активність метакаоліну порівняно з мікрокремнеземом. Крім зв'язування лужноземельних металів (гідрооксиду кальцію і магнію), метакаолін здатний надійно зв'язувати і луки, що містяться в портландцементі, або потрапляють в бетон з добавками (зокрема, протиморозними) або ззовні (наприклад, антикригові склади). Це забезпечує надійний захист бетонних конструкцій від таких проблем, як силікатно-лужна реакція, а так само виділення лугів на поверхні виробів у вигляді висолів, що погіршують зовнішній вигляд виробів і конструкцій. Алюмінатна складова метакаоліну здатна активно взаємодіяти з гіпсом, що міститься в портландцементі, або спеціально додається в цементні суміші. Контрольоване утворення етрингіту на ранніх етапах твердіння бетонів і розчинів дозволяє істотно знижувати деформації усадки і навіть отримувати безусадкові бетони.

Дослідженнями і практикою встановлена ефективність введення сухих пилоподібних зол при виготовленні бетонних і розчинних сумішей в якості активних мінеральних добавок і мікронаповнювачів. Бетонні суміші з золами володіють більшою в'язкістю, меншим водовідділенням і розшаруванням. Бетон має при цьому більшу міцність, щільність, водонепроникність, стійкість до деяких видів корозії, меншу теплопровідність. Найбільш ефективні, як активні добавки, в бетонах, кислі золи, що не володіють в'язкими влас-

тивостями; їх пуцоланова активність спостерігається у взаємодії з цементним в'язучим. В даний час все ширше застосовується зола-виносу у виробництві збірних залізобетонних конструкцій. Однак при надмірному вмісті золи можливо спучування поверхні виробів, що піддаються пропарюванню.

Вимоги до зол, як до активних мінеральних добавок у бетонну суміш, обумовлені фізико-хімічним механізмом впливу на процеси твердіння та структуроутворення бетону. Гідравлічна активність зол, як і інших речовин пуцоланового типу, значною мірою обумовлена хімічною взаємодією вхідних до їх складу оксиду кремнію і алюмінію з гідроксидом кальцію, який виділяється при гідролізі клінкерних мінералів, з утворенням гідросилікатів і гідроалюмінатів кальцію. Гідратації зол сприяє їх склоподібна фаза, кристалічна фаза в цьому процесі практично інертна. Хімічна активність зол безпосередньо пов'язана також з їх дисперсністю. За сучасними уявленнями міцність цементу і бетону з добавкою золи залежить від товщини порушеного хімічними процесами поверхневого шару зольної частинки [7].

Позитивному впливу золи на структуроутворення бетону сприяє також «ефект дрібних порошків», які розширюють вільний простір, де осаджуються продукти гідратації, що і прискорює процес твердіння цементу [1].

Здатність активних мінеральних добавок (активних наповнювачів) замінювати цемент можна оцінити коефіцієнтом «цементуючої ефективності», який показує необхідну кількість в'язучого, що еквівалентна в бетоні 1 кг добавки. Для мікрокремнезему такий коефіцієнт дорівнює 3...4, для метакаоліну – 1...2, для золи-виносу – 0,25...0,4.

Оскільки тонкодисперсні наповнювачі зазвичай підвищують водопотребу бетонної суміші, то їх введення найбільш раціональне разом з пластифікуючими добавками. Доведена ефективність застосування суперпластифікаторів з комплексними наповнювачами типу «зола-мікрокремнезем», «зола-карбонатний пил».

Висновок

Таким чином, введенням суперпластифікатора і активної мінеральної добавки (мікрокремнезему, метакаоліну, золи-виносу та ін.) можна суттєво підвищити надійність та довговічність залізобетонних виробів, зокрема плит БМП. С точки зору економічного ефекту для

ТРАНСПОРТНЕ БУДІВНИЦТВО

покращення властивостей бетону можна використовувати не закордонні суперпластифікатори, а вітчизняні, які коштують дешевше і за своїми характеристиками не поступаються закордонним. Особливої уваги заслуговує комплексна добавка ПЛКП, яка дозволяє отримувати бетони з дуже високими характеристиками довговічності і рекомендується для застосування в залізничних шпалах.

Для підвищення надійності і довговічності плит БМП необхідно проводити лабораторні дослідження з підбору раціонального складу бетону з комплексною добавкою ПЛКП і додаванням мікрокремнезему або золи-виносу, як активного мінерального компонента.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- Дворкин, Л. И. Строительные материалы из отходов промышленности : справочное пособие / Л. И. Дворкин, О. Л. Дворкин. – Ростов н/Д. : Феникс, 2007. – 368 с.
- Захаров, С. А. Высокоактивный метакаолин – современный минеральный модификатор цементных систем / С. А. Захаров, Б. С. Калачик // Строительные материалы. – 2007. – № 5. – С. 56–57.
- Синайко, Н. П. Добавки системы Релаксол в современном строительстве / Н. П. Синайко, Т. В. Бабаевская, А. Л. Гладун // Будівельні матеріали, виробы та санітарна техніка : зб. наук. праць Укр. н.-д. і проектно-конструкторського ін-ту буд. матеріалів та виробів. – 2010. – Вип. 37. – С. 20–23.
- Хостин, С. И. Применение микрокремнезема на бетонных производствах / С. И. Хостин // Популярное бетоноведение. – 2004. – № 2. – С. 22–26.
- Шейніч, Л. О. Дослідження характеристик тріщиностійкості бетону / Л. О. Шейніч, П. В. Попруга, Д. С. Іонов, А. М. Белоконь // Бетон и железобетон в Украине. – 2011. – № 5. – С. 7–10.
- Collepari, M. Combination of Silica Fume, Fly Ash and Amorphous Nano-Silica in Superplasticized High-Performance Concretes / M. Collepari, O. J. J. Ogoumah, R. Troli [at el] // Proc. of the VII AIMAT Congress. (26 June – 2 July, 2004). – Ancona (Italy) : American Concrete Institute, 2004. – P. 495–506.
- Li, G. Properties of high volume fly ash concrete incorporating nano-SiO₂ / Gengying Li // Cement and Concrete Resources. – 2004. – Vol. 34, № 6. – P. 1043–1049.
- Živica, V. Effectiveness of new silica fume alkali activator / Vladimir Živica // Cement and Concrete Composites. – 2006. – Vol. 28, № 1. – P. 21–25.

В. В. ПРИСТИНСКАЯ^{1*}

^{1*}Каф. «Здания и строительные материалы», Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, 49010, Днепропетровск, Украина, тел.+38 (056) 373 15 46, эл. почта viktoriya_mega@mail.ru

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ХИМИЧЕСКИХ ДОБАВОК ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ

Цель. Рассмотреть различные добавки отечественного производства и оценить целесообразность их использования для изделий транспортного строительства. **Методика.** Исследование проводилось путем введения суперпластификатора и активной минеральной добавки. **Результаты.** В комплексную добавку должен входить эффективный суперпластификатор, а также могут входить добавки, которые управляют кинетикой схватывания и твердения, воздухововлекающие добавки и пеногасители, дисперсные и тонкодисперсные минеральные наполнители. В последние годы широкое распространение получили органо-минеральные модификаторы типа суперпластификатор – активная минеральная добавка (микрокремнезем, метакаолин, зола). **Научная новизна.** Исследовано влияние различных добавок на качество бетона. Установлено, что комплексная добавка ПЛКП заслуживает особого внимания, поскольку она позволяет получать бетоны с очень высокой долговечностью и рекомендуется для применения в железнодорожных шпалах. Таким образом, введением добавок в состав бетона можно существенно повысить долговечность и надежность железобетонных изделий. **Практическая значимость.** Результаты исследования могут использоваться для повышения надежности и долговечности бетонных конструкций. Это требует дальнейших исследований по подбору состава бетона с комплексной добавкой ПЛКП и добавлением активных минеральных компонентов.

Ключевые слова: надежность; долговечность; прочность; добавка; суперпластификатор; микрокремнезем; зола-уноса; износостойкость; трещиностойкость; модификатор

V. V. PRISTINSKAYA¹

Dep. "Construction and construction materials", Dnipropetrovsk National University named after Academician V. Lazaryan,
Lazaryan Str., 2, 49010, Dnepropetrovsk, Ukraine, tel. 38 (056) 373 15 46, e-mail viktoriya_mega@mail.ru

THE EFFICIENCY OF THE USE OF CHEMICAL ADDITIVES FOR MANUFACTURE OF CONCRETE PRODUCTS

Purpose. To study various additives of a domestic production and to estimate expediency of their use for products of transport construction. **Methodology.** The study was conducted by introducing a superplasticizer and active mineral additives. **Findings.** The complex additive should include effective superplasticizing admix, as well as additives which operate stiffening and hardening kinetics, air retaining substances and defoaming agents, dispersion and fine-dispersion mineral fillers. In recent years organo-mineral modifiers such as superplasticizer - an active mineral additive (microsilica, metakaolin, ash) obtained a wide circulation. **Originality.** The impact of various additives on the concrete quality is studied. It is found out that the complex additive PLKP deserves the special attention because it allows producing a concrete of very high durability and is recommended for use in railroad ties. Thus, the introduction of additives in the concrete can significantly increase the durability and reliability of concrete products. **Practical value.** Results of the research can be used to improve the reliability and durability of concrete structures. This calls for further researches on the selection of the concrete mixture with complex additive PLKP, as well as adding the active mineral components.

Keywords: reliability; working life; durability; additive; superplasticizing admixture; microsilica; fly ash; abrasion resistance; crack strength; modifying agent

REFERENCES

1. Dvorkin L.I., Dvorkin L.O. *Stroitelnyye materialy iz otkhodov promyshlennosti* [Materials of construction from industrial wastes]. Rostov on Don, Feniks Publ., 2007. 368 p.
2. Zakharov S.A., Kalachik B.S. Vysokoaktivnyy metakaolin – sovremennyy mineralnyy modifikator tsementnykh sistem [Highly active metakaolin – modern mineral modifying agent of cement systems]. *Stroitelnyye materialy – Building materials*, 2007, no. 5, pp. 56-57.
3. Sinayko N.P., Babayevskaya T.V., Gladun A.L. Dobavki sistemy Relaksol v sovremennoy stroitelstve [Additives of Relaksol system in modern construction]. *Zbirnyk naukovykh prats Ukrainskoho naukovo-doslidnoho i proektno-konstruktorskoho instytutu budivelnykh materialiv ta vyrobiv "Budivelni materialy, vyroby ta sanitarna tekhnika"* [Proc. of Ukrainian Scientific, Design and Engineering Institution of Building materials, products and sanitary engineering], 2010, issue 37, pp. 20-23.
4. Khostin S.I. Primeneniye mikrokremsheza na betonnykh proizvodstvakh [Microsilica application on concrete productions]. *Populyarnoye betonovedeniye – Popular Concrete Science*, 2004, no. 2, pp. 22-26.
5. Sheinich L.O., Popruha P.V., Ionov D.S., Bielokon A.M. Doslidzhennia kharakterystyk trishchynostiikosti betonu [Research of characteristics of concrete crack resistance]. *Beton i zhelezobeton v Ukraini – Concrete and reinforced concrete in Ukraine*, 2011, no. 5, pp. 7-10.
6. Collepardi M., Ogoumah O.J.J., Troli R., Simonelli F., Collepardi S. Combination of Silica Fume, Fly Ash and Amorphous Nano-Silica in Superplasticized High-Performance Concretes. [Proc. of the VII AIMAT Congress]. Ancona, 2004, pp. 495-506.
7. Li G. Properties of high volume fly ash concrete incorporating nano-SiO₂. *Cement and concrete resources*, 2004, vol. 34, no. 6, pp. 1043-1049.
8. Živica V. Effectiveness of new silica fume alkali activator. *Cement and Concrete Composites*, 2006, vol. 28, no 1, pp. 21-25.

Стаття рекомендована до публікації д.т.н., проф. О. М. Пушійко (Україна); к.т.н., проф. С. А. Щербаком (Україна)

Надійшла до редколегії: 14.01.2013

Прийнята до друку: 21.02.2013

УДК 625.45:69.059.7

А. В. РАДКЕВИЧ¹, В. Ф. ХУДЕНКО², Д. А. ЮРКОВ^{3*}

¹ Каф. Будівельного виробництва та геодезії, Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту ім. акад. В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, 49010, Дніпропетровськ, Україна, ел. пошта bely-a@yandex.ru

² Каф. Будівель та будівельних матеріалів, Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту ім. акад. В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, 49010, Дніпропетровськ, Україна, ел. пошта valhood53@gmail.com

^{3*} Каф. Будівель та будівельних матеріалів, Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту ім. акад. В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, 49010, Дніпропетровськ, Україна, ел. пошта yurkov_1989@mail.ru

МІСЬКІ ЗАЛІЗНИЦІ ЯК ОБ'ЄКТ ПОВТОРНОЇ ЗАБУДОВИ

Мета. Аналіз світового досвіду надколійного будівництва та реконструкції вокзальних комплексів; дослідження можливостей освоєння надколійного простору в великих містах України; аналіз генерального плану м. Дніпропетровськ з метою виявлення оптимальних зон для будівництва транспортних мультикомплексів. **Методика.** Для проведення досліджень використовувався картографічний метод, методи натурних спостережень, а також графічне моделювання. **Результати.** Проведений аналіз генеральних планів великих міст України виявив, що лінії залізничних колій, які проходять через житлові, промислові, рекреаційні та інші зони міста займають від 2 % до 6 % його території. Проведено зонування залізничних колій та прилеглих територій в м. Дніпропетровськ, виявлено 6 типів ділянок та визначені перспективи їх використання. **Наукова новизна.** На прикладі однієї з найбільш перспективних ділянок в м. Дніпропетровськ розроблено ескізний проект реконструкції зони центрального залізничного вокзалу із забудовою надколійного простору багатофункціональними комплексами загальною корисною площею понад 1 млн.м². **Практична значимість.** Території, зайняті залізничною інфраструктурою є значним резервом для будівництва, особливо в районах підвищеної концентрації транспорту та людських мас, де для традиційних способів будівництва ділянок не залишилось. Крім цього, такий підхід вирішує ряд супутніх проблем, інтегруючи в одному вузлі велику кількість внутрішніх та зовнішніх, пасажирських та транспортних потоків. Застосування такого підходу відкриває значні можливості для транспортного будівництва. Це підтверджує ефективність та актуальність подальших досліджень.

Ключові слова: зонування; міські залізниці; вокзальні комплекси; надколійний простір; транспортне будівництво

Проблема пошуку площ для будівництва

В великих містах з'являється проблема відсутності площ для будівництва, особливо в центральних районах, де темпи зростання концентрації забудови є найбільшими. Проте ресурс старих будівель, за рахунок яких можна було б вирішити цю проблему, вже майже вичерпаний. У зв'язку з цим, акцент пошуку зміщується в сторону територій, що потенційно можуть бути повторно використані. Проблема пошуку таких земель стає особливо актуальною в зв'язку з постійно зростаючими масштабами будівництва, що викликають безперервний ріст міських територій. Освоєння нових площ для потребує значних матеріальних затрат. Рациональне ж використання капітальних вкладень в містобудуванні передбачає насамперед скорочення розмірів знову освоюваних територій і підвищення інтенсивності використання існую-

чих міських земель.

Останнім часом відмічається світова тенденція до максимального використання в будівництві так званих «незручних» територій, відношення до яких значно змінилось, враховуючи сучасну містобудівну обстановку та соціально-економічну ситуацію в містах. До числа таких територій, які стають необхідним резервом для будівництва відносяться землі, зайняті залізничними коліями та прилеглі території. При цьому відбувається забудова простору не тільки під, але й над існуючою залізничною інфраструктурою.

Результатом такого підходу є можливість розташовувати об'єкти будівництва в найбільш комерційно вигідних місцях, адже залізниці, як правило, проходять через центральні райони міст, займаючи при цьому досить значні території (рис. 1).

Аналізуючи генплани великих міст України варто відзначити, що в більшості з них сформу-

ТРАНСПОРТНЕ БУДІВНИЦТВО

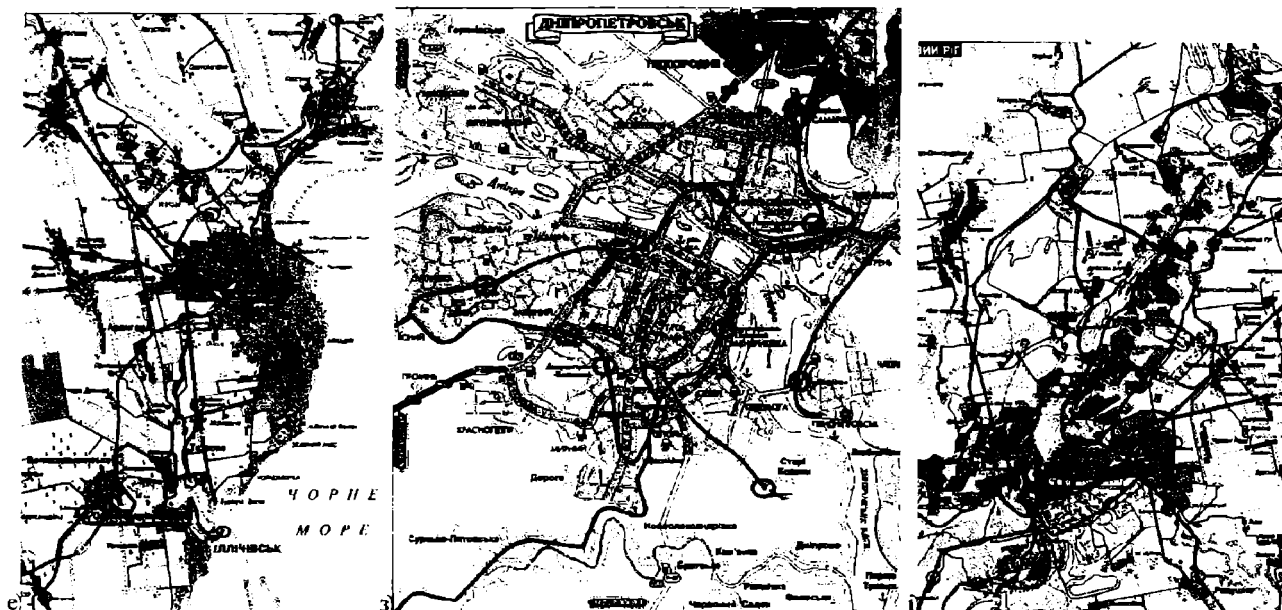
валились протяжні лінії залізничних колій, які проходять через житлові, промислові, рекреа-

ційні та інші зони міста, займаючи при цьому від 2 % до майже 6 % його території (рис. 2).



Рис. 1. Аналіз генеральних планів територій крупних міст України:
а) Київ; б) Запоріжжя; в) Харків; г) Донецьк; д) Львів; е) Луганськ;
(виділено основні залізничні лінії в межах міста)

ТРАНСПОРТНЕ БУДІВНИЦТВО



Закінчення рис. 1. Аналіз генеральних планів територій крупних міст України:
е) Одеса; з) Дніпропетровськ; і) Кривий Ріг; (виділено основні залізничні лінії в межах міста)

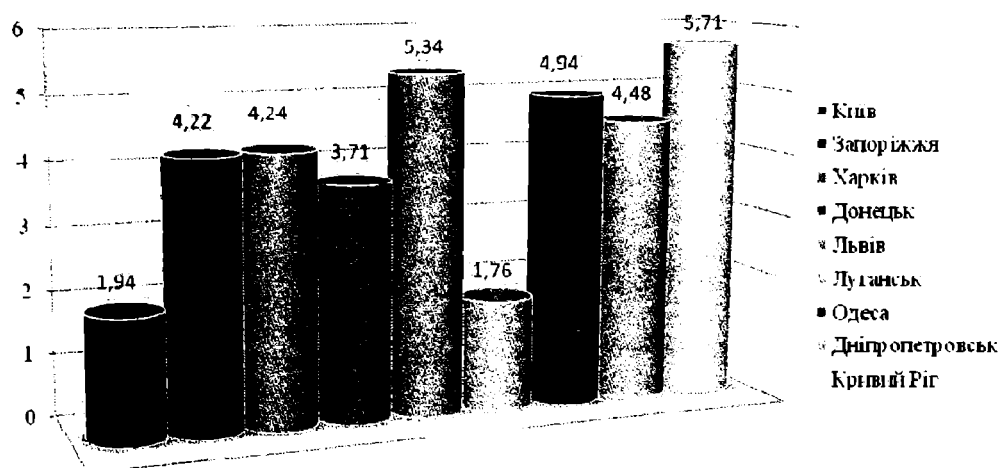


Рис. 2. Територія, яку займають залізничні колії (% від загальної площі міста)

Так, наприклад, у Дніпропетровську залізничні колії займають майже 4,5 % його території. Розташована серед міської забудови, проходячи через центральні райони міста, зона залізниці іноді більш цінна в порівнянні з ділянками за межами населеного пункту і її використання дає можливість більш економно розподіляти капітальні вкладення в містобудуванні, вирішувати проблеми реконструкції та благоустрою існуючої забудови, перетворюючи її у відповідність до сучасних вимог [4].

Забудова територій зайнятих залізничними коліями одночасно дозволить вирішити ще одну проблему – розрізненості містобудівної

структури. В багатьох промислових містах України існують райони, транспортний зв'язок між якими ускладнений або взагалі відсутній. Причиною цього явища стало утворення перешкод в місті, у зв'язку з наявністю залізниць.

Такі штучні перешкоди, розрізуючи планувальну тканину міста, порушують містобудівну структуру, сприяють утворенню ізольованих територій та заважають розвитку міста.

Розміщення залізничних колій в структурі міста визначалось, як правило, випадково. Формуючись спочатку на вільних територіях в стороні від населених пунктів, по мірі росту міста залізничні колії досить швидко врзались

ТРАНСПОРТНЕ БУДІВНИЦТВО

в міську тканину. Залізнична інфраструктура часто ставала важливою містоутворюючою основою, навколо якої постійно формувалась забудова і місто поступово поглинало ці території [5]. В результаті, в центральних районах міст часто утворювались ізольовані ділянки, погано пов'язані з містом, які заважали його розвитку та ставали нездоланими перешкодами.

В Україні така ситуація простежується в Києві, Дніпропетровську, Донецьку, Харкові, Запоріжжі, Львові, Одесі та ін. В Дніпропетровську, наприклад, міська тканина розділена не тільки лініями залізничних колій з лінією відводу, але й прилеглими до залізниці величезними територіями промислових підприємств. На протязі минулого століття Дніпропетровськ збільшив свою територію більше ніж вдвічі і включив в себе протяжні зони залізничних колій, оточивши їх новою міською тканиною. Будучи побудованими поза містом залізниці складно інтегруються в сучасну міську тканину міста і є сьогодні в Дніпропетровську найбільшими перешкодами.

Іншим не менш важливим наслідком інтеграції раніше побудованих залізниць у міську забудову є акустичний дискомфорт від руху залізничного транспорту. Особливо це проявляється в центральних районах міста, де нестача організованих перетинів вулично-дорожньої мережі з залізничними лініями призводить до перевантаження автомобільних магістралей та значному збільшенню пробігу автомобілів, у зв'язку з необхідністю об'їзду перешкод, а житлова забудова, що розміщується вздовж залізничних напрямів, опиняється в зоні екологічного та шумового впливу.

Забудова територій зайнятих залізничними коліями дозволить ефективно вирішити ці проблеми, оскільки можна накрити залізничні шляхи офісами та іншими міськими будовами, так що шляхи не будуть більше перешкодою в центрі міста. Такий підхід значно ефективніший, ніж будівництво транспортних тунелів та шляхопроводів, які споруджувались в багатьох містах на протязі століть в проблемних зонах.

Забудова надколійного простору передбачає створення конструкцій які несуть функцію не тільки транспортної артерії, але й є конструктивною основою для прокладки інженерних комунікацій, створення багатофункціональних

комплексів, скверів і т.д.

Завдяки цьому, буде утворено комунікаційний канал між розділеними територіями, що дасть місту новий поштовх до розвитку. Така конструкція буде складною з інженерної точки зору, але дасть можливість накрити значні площі над залізницею та стати продовженням міських площ та вулиць.

Світові тенденції надколійного будівництва

Вперше проблема відсутності площ для будівництва стала актуальною для крупних міст Європи ще в Середньовіччі. Для її вирішення в різні часи застосовували різні містобудівні прийоми – від забудови підземного простору до будівництва на мостах цілих вулиць. Використання надколійного простору як одного з методів вирішення проблеми відсутності площ для будівництва вперше був застосований в Англії. В багатьох містах країни залізниці почали будувати таким чином, щоб вони більше не були перешкодами в місті, а нові споруди, та й взагалі, цілі вулиці й квартали можна було з легкістю «перекинути» через колії.

Одним з перших міст, де був реалізований такий підхід став Бірмінгем (рис. 3). Залізничний комплекс станції Бірмінгем, під'їзні шляхи та вулиці розташовані на одному рівні з планувальною відміткою міста, а залізничні колії опущені нижче.

Ще одним способом використання надколійного простору стало будівництво конкорсів (від англ. *concourse* – площа, до якої сходиться декілька вулиць). Такий тип будівництва став досить поширеним в світі при будівництві крупних громадських, переважно транспортних споруд.

Класичні конкорси побудовані в Гаазі (Нідерланди), Самарі (Росія), Сайтамі (Японія), Києві та ін. (рис. 4).

Використання конкорсів при будівництві та реконструкції залізничних вокзалів дає можливість більш раціонально використати простір, зайнятий залізничними коліями. За рахунок конкорсу збільшується корисна площа вокзалу, створюються більш комфортні умови для перебування пасажирів та їх безпеки, покращується доступ до платформ. Але створення таких споруд не повністю використовує можливості забудови надколійного простору

ТРАНСПОРТНЕ БУДІВНИЦТВО

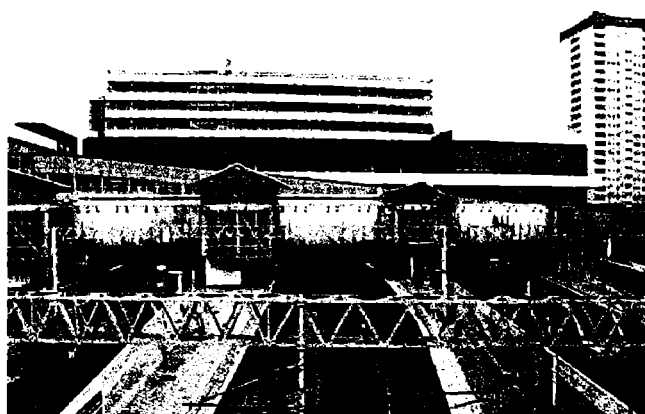


Рис. 3. Станція Birmingham New Street (Англія)

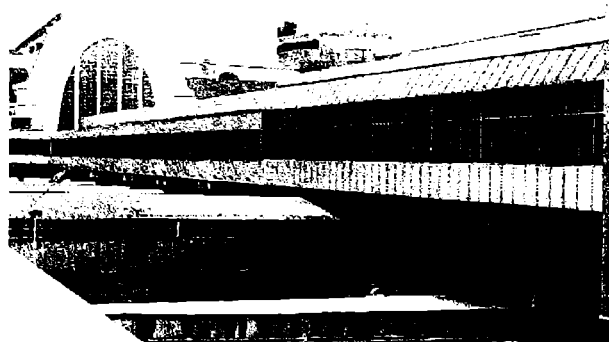
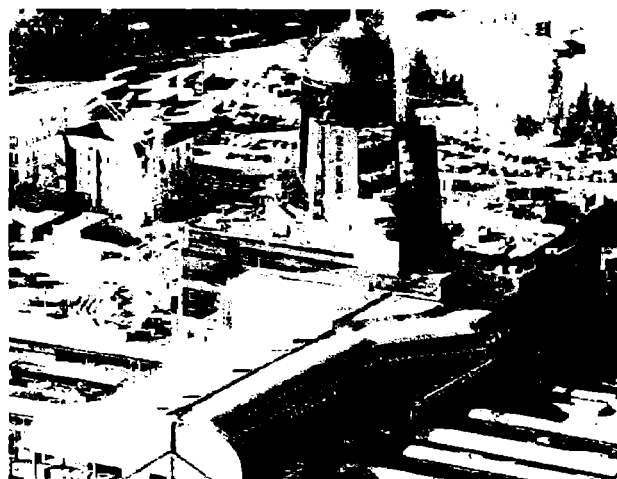


Рис. 4. Конкорси залізничних вокзалів. Зверху вниз: м. Гаага, м. Самара, м. Сайтама, м. Київ

Більш раціональним та обґрунтованим з економічної точки зору, як показує практика, виявляється будівництво над коліями багатофункціональних мультикомплексів, які виконують функції не тільки транспортних споруд, але є одночасно комунікаційною зоною, культурним громадським центром, зоною торгівлі та відпочинку. Будівництво таких комплексів дозволяє не тільки ефективно використати де-

фіцитні території, а й стимулювати розвиток міста в цілому. Яскравим прикладом таких центрів є мультикомплекс в Берліні (Німеччина), Амстердамі (Нідерланди), Саппоро (Японія), Ліллі (Франція) та ін. (рис. 6).

Розміщення та організація таких елементів транспортної інфраструктури поєднує весь міський простір, що тяжіє до нього, скорочує структурно-планувальні протиріччя між транс-

ТРАНСПОРТНЕ БУДІВНИЦТВО

портом та міською середою та дає можливості для вирішення ряду остроактуальних проблем (підвищення якості та різноманітності форм обслуговування, покращення екології міської середи, економії міської території та ін.).

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Огляд зарубіжного та вітчизняного досвіду проектування та будівництва об'єднаних будівель був виконаний в роботах А. В. Бокова [2], Л. В. Гайкової [3], Е. Цайдлера [10]. В роботах А. В. Бокова узагальнений вітчизняний досвід проектування комплексів та детально розглянуті принципи об'єднання різноманітних функцій в єдине ціле. В дослідженнях Л.В.Гайкової комплекси розглядаються як об'єкт системного проектування, охарактеризовані взаємозв'язки всередині комплексу, визначаються підходи до проектування об'ємно-планувальних рішень.

Досвід реконструкції, капітального ремонту та перевлаштування окремих вокзалів предста-

влений у ряді робіт: В. Р. Рабіновича [7], В. Ф. Худенка, Є. О. Морозова [9] та ін. Але вказані публікації містять в основному дані про архітектурне перевлаштування окремих об'єктів або їх елементів з позицій поліпшення експлуатаційних функцій. Науково-дослідних розробок в області проектування багатофункціональних комплексів в Україні до останнього часу майже не проводилося.

До важливих робіт в області реконструкції та перевлаштування вокзалів та станцій слід також віднести публікації В. П. Мироненка [6], В. М. Батирєва [1], Узікова М. І. [8], Бертоліні Л. [11], Вакара Л., Шнайдера Г. [14], Брейна Е. [12], Сервера Ф. [13] та ін. Але наявні дослідження не повністю відображають специфіку реконструкції таких об'єктів, недостатньо досліджені питання їх ефективної реалізації в структурі крупних міст.

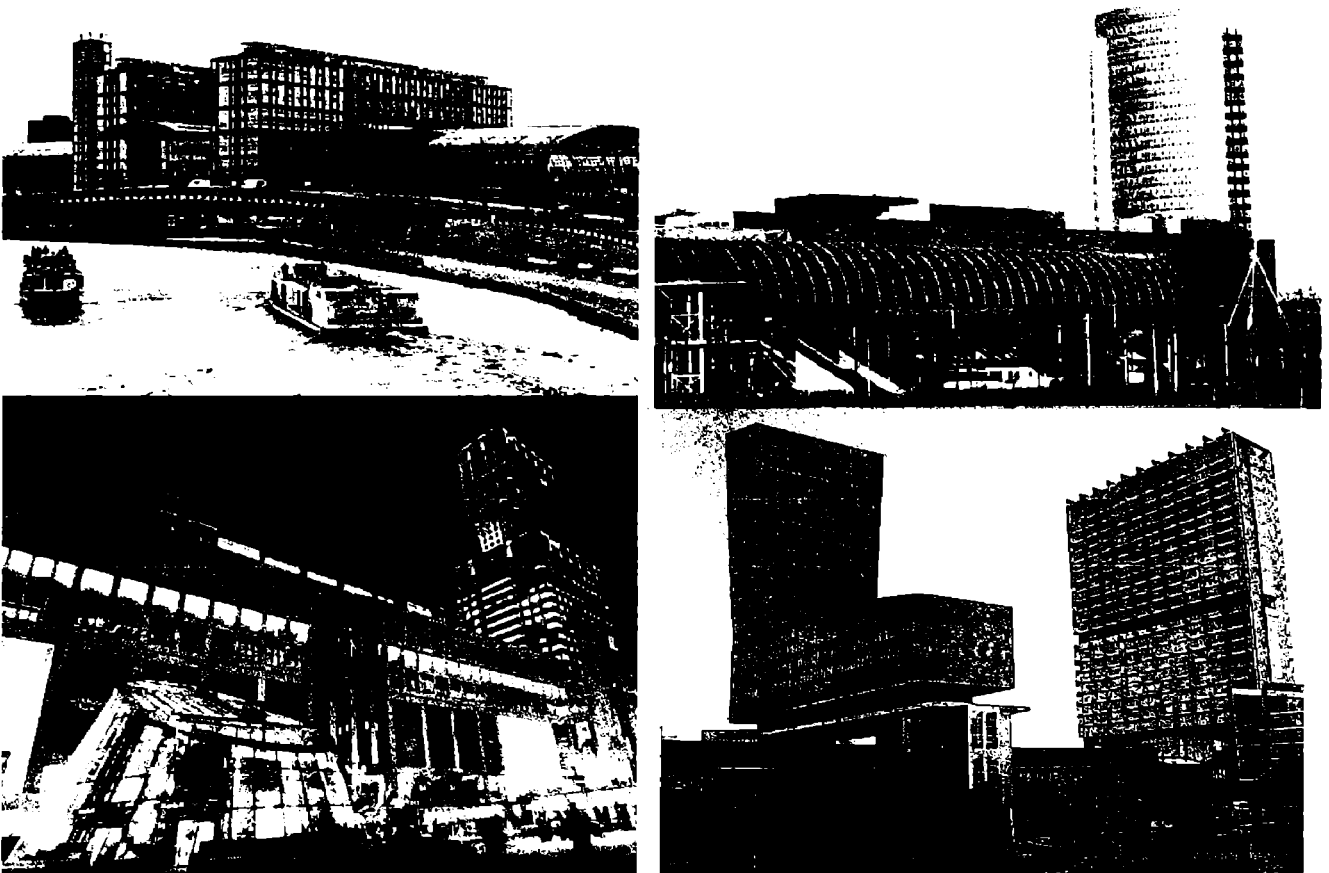


Рис. 5. Залізничні вокзальні комплекси. Зверху-вниз: м. Берлін, м. Амстердам, м. Саппоро, м. Лілль

ТРАНСПОРТНЕ БУДІВНИЦТВО

Основна мета досліджень

Основна задача роботи полягає в дослідженні можливостей освоєння надколійного простору в крупних містах України на прикладі м. Дніпропетровськ, виявлення, наскільки це можливо з точки зору технічної, технологічної та наскільки це обґрунтовано економічно. З врахуванням сучасних тенденцій проаналізувати можливість та доцільність проведення реконструкції та будівництва комплексів над коліями на прикладі залізничної станції Дніпропетровська. Розробити ескізний проект забудови надколійного простору, визначити переваги та недоліки та оцінити подальші перспективи використання зазначеного методу проектування та будівництва в Україні.

**Зонування приколійних територій
Дніпропетровська**

Забудова надколійного простору повинна підпорядковуватись єдиній меті – максимальній економічній ефективності проекту та швидкій окупності інвестицій. Для цього важливо правильно обрати тип забудови у відповідності до конкретного місця будівництва.

Так, наприклад, залізничні колії можуть проходити через житлові, громадські, промислові райони, межувати з транспортними магістралями та шляхами, зонами торгівлі, відпочинку, рекреаційним та іншими зонами. Відповідно, для кожної зони характерний свій набір факторів, що впливають на формування цих специфічних міських територій. Враховуючи це, зрозуміло, що призначення прилеглої міської території буде мати вирішальний вплив на організацію забудови зони залізничної колії, вибір того чи іншого типу будівлі та економічну ефективність проекту в цілому.

Будівництво над коліями, наприклад, житлових комплексів з деяким набором супутніх функцій буде раціональнішим на ділянках залізниць, які межують з житловими та спальними районами міста. Зведення оздоровчих комплексів, будинків відпочинку, санаторіїв та пансіонатів більш доцільне на ділянках розташованих в межах рекреаційних, паркових зонах і т.д.

Але, не зважаючи на широкі перспективи, які відкриває надколійне будівництво, в першу чергу увага прикута до територій які дають

можливість ефективно розташовувати торгово-розважальні центри, офісні і багатофункціональні мегакомплекси в крупних містах, так як вони володіють найвищими показниками рентабельності та економічної ефективності. Місце розташування – це головний критерій, на основі якого приймається рішення про будівництво об'єктів такого типу. Для багатофункціональних мегакомплексів важлива в першу чергу густа транспортна доступність, тобто він повинен стояти або на жвавій магістралі, або в безпосередній близькості до неї. Не менш важливою вимогою є розташування комплексу поблизу або всередині густонаселених районів, наявність упоряджених паркувальних місць для особистого транспорту. Для відвідувачів, які користуються громадським транспортом, найбільше значення має віддаленість від зупинок та інтенсивність руху громадського транспорту. В той же час земельних ділянок необхідної площі, які задовольняють таким вимогам, в містах практично не залишилось.

Забудова територій залізничних колій, які часто розташовані самому центрі міста, повністю вирішить існуючі проблеми. Особливий інтерес з цієї точки зору представляють території, зайняті залізничними станціями та вокзалами. Адже вокзали, як правило, розташовуючись в центральних районах міста, стають зонами накопичення великої кількості транспортних засобів та людських мас, що значно підвищує ефективність будівництва на їх основі багатофункціональних комплексів та дає можливість задовольнити потреби великої кількості осіб, залучаючи в структуру громадсько-транспортно-комунікаційного вузла не тільки громадян, які здійснюють подорожі, а й тих, які працюють або просто проживають поблизу.

З метою виявлення найбільш ефективних зон для будівництва, на прикладі м. Дніпропетровська, проведено дослідження генерального плану та визначені основні характерні типи прилеглої до залізничної інфраструктури міської території, які будуть мати вирішальний вплив на організацію забудови зони залізничної колії, вибір того чи іншого типу будівлі та економічну ефективність проекту в цілому.

Для цього проведено аналіз з використанням методів системного та середовищного підходів, як самих залізниць, так і територій, що

ТРАНСПОРТНЕ БУДІВНИЦТВО

прилягають до них. Виявлено основні фактори, що впливають на формування цих специфічних міських територій – містобудівні, художньо-естетичні, екологічні, ландшафтні та ін.

Використані методи натурних обстежень, фотофіксації дали можливість детально дослідити існуючі транспортні та людські потоки, виявити специфіку розміщення залізничних ліній в поєднанні з міською забудовою та визначити найбільш доцільні місця для будівництва. Це дозволило встановити території, які будуть найбільш актуальними для забудови сьогодні та в найближчому майбутньому. Аналіз планувальних схем та натурні дослідження дозволили виділити в плані міста шість типів приколіїних ділянок:

1 - зони залізниці, що межують з житловими, спальними районами;

2 – зони залізниці, що межують з особливо цінними територіями (центр міста, громадські будівлі, площі, транспортні перетини, густонаселені райони і т. д.);

3 - зони залізниці, що межують з промисловими підприємствами;

4 – те ж, з міськими парками, скверами та рекреаційними територіями;

5 - зони залізниці, що межують з транспортними магістралями;

6 - те ж, з міськими вільними територіями.

Як видно зі схеми (рис. 6), для Дніпропетровська характерне переважання 1-го та 3-го типів ділянок. При загальній площі м. Дніпропетровська більш ніж 405 км² залізничні колії займають 4,48 % його території, що складає більше 18 км², щонайменше половина з яких представляють підвищений інтерес для інвесторів та міста. В першу чергу до таких ділянок відносяться території в межах центральної частини міста в районах залізничних станцій, вокзалів, транспортних розв'язок та місць перетину шляхів різних функціональних потоків.

В Дніпропетровську до таких ділянок, перш за все, варто віднести зону залізниці в районі станції Дніпропетровськ-Головний від території Центрального автомобільного вокзалу до вул. Набережна В. І. Леніна, загальною протяжністю 1,6 км та зону залізниці в районі станції Дніпропетровськ-Південний та Проспектна від вул. Набережна Перемоги до просп. К. Маркса, загальною протяжністю 0,6 км (рис. 7).



Рис. 6. Схема зон залізничних колій Дніпропетровська

Досить перспективною також є зона залізниці в районі станції Нижньодніпровськ від вул. Солончакової до просп. Газети «Правди», загальною протяжністю 2,2 км (див. рис. 7).

Зонування території міста є важливим етапом передпроектної роботи, адже кожна ділянка має свої вимоги по плануванню та улаштуванню території. Таке планування дозволяє раціонально використовувати міські землі, а головне, виявити потенційно найбільш економічно вигідні території для будівництва.

Представлені ділянки залізничних колій Дніпропетровська та прилеглі території майже повністю відповідають основним критеріям розміщення мультикомплексів та мають значний економічний потенціал, але, все ж, однією з перших територій, до якої давно була прикута увага - зона залізниці в районі Центрального залізничного вокзалу. Такий високий інтерес пояснюється, в першу чергу, дуже високою громадською та комерційною активністю, у порівнянні з іншими ділянками міста (рис. 8).

ТРАНСПОРТНЕ БУДІВНИЦТВО

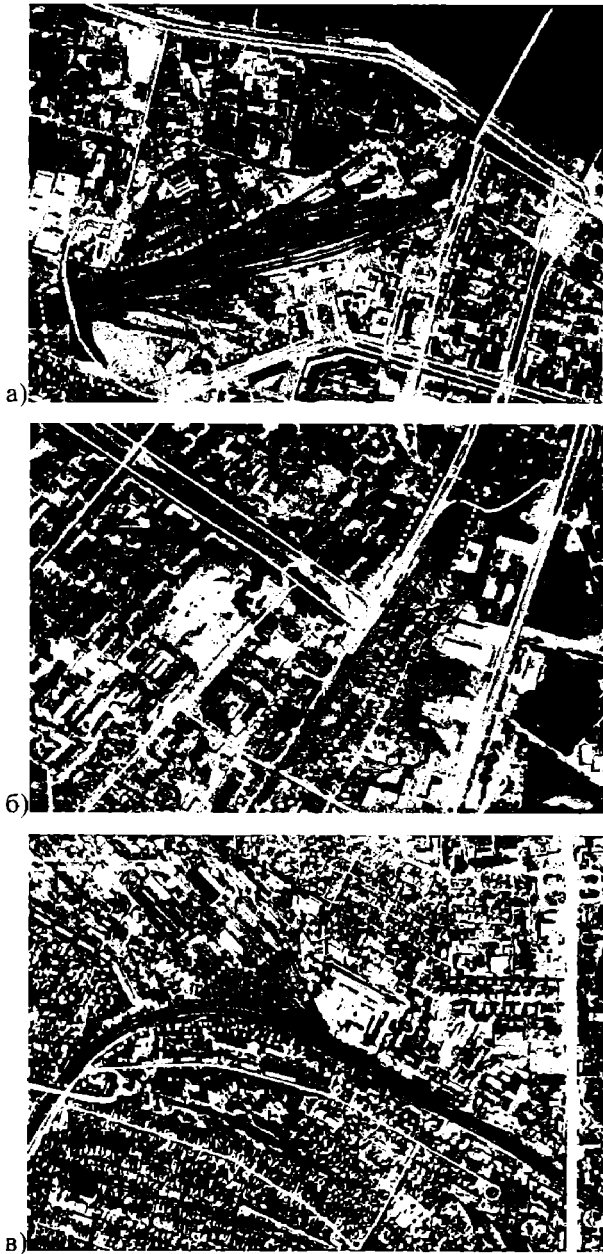


Рис. 7. Найефективніші для забудови зони залізничні в м. Дніпропетровськ: а) в районі станції «Дніпропетровськ-Головний»; б) в районі станції «Проспектна»; в) в районі станції «Нижньодніпровськ»;
 — лінії залізничних колій;
 — автомобільні магістралі та шляхи;
 — найефективніші зони залізничні

Залізнична станція Дніпропетровськ-Головний пропускає більше 70 пасажирських потягів на добу. Місячний пасажиропотік складає майже 1 мільйон чоловік. Окрім цього, район залізничного вокзалу є кінцевою зупинкою 14 ма-

ршрутів громадського електротранспорту, пасажиропотік якого, в загальній кількості складає більше 200 000 чоловік на добу та 62 маршрутів автомобільного транспорту та таксі, які перевозять майже 330 000 чоловік в місяць. Місячний пасажиропотік Дніпропетровського метрополітену, кінцева станція якого – Вокзальна, розташована на привокзальній площі, значно перевищує 2 мільйони чоловік.



Рис. 8. Ілюстрації високої громадської активності району Центрального залізничного вокзалу

Проектування багатофункціонального транспортно-громадського комплексу на базі залізничного вокзалу в м. Дніпропетровськ

Накопичення великої кількості транспортних засобів та людських мас в районі центрального залізничного вокзалу дає підстави стверджувати про можливу високу економічну ефективність будівництва в цій зоні багатофункціональних міських структур. Враховуючи це, автором був розроблений ескізний проект буді-

ТРАНСПОРТНЕ БУДІВНИЦТВО

вництва багатофункціонального транспортно-громадського комплексу на базі центрального залізничного вокзалу Дніпропетровська (рис. 9).

Розроблені пропозиції по реконструкції цієї території передбачають розміщення висотних житлових комплексів, офісно-готельного комплексу з організацією озеленого простору

загального користування в районі Автомобільного вокзалу. Одночасно передбачається розвиток території на схід від Центрального залізничного вокзалу, з утворенням багатофункціональної зони, що включає станцію приміських поїздів, торгово-виставкові центри, адміністративно-ділові об'єкти та ін.

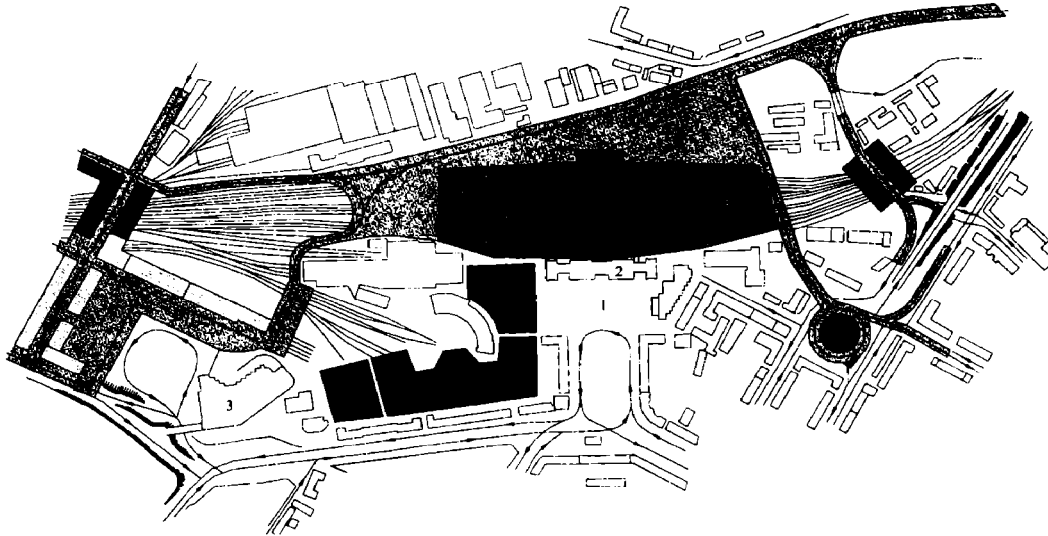


Рис. 9. Проект реконструкції залізничної станції Дніпропетровськ-Головний
1 - привокзальна площа на відмітці «-2,320»; 2 - залізничний вокзал; 3 - автомобільний вокзал;
4 - привокзальна площа на відмітці «+8,100»;

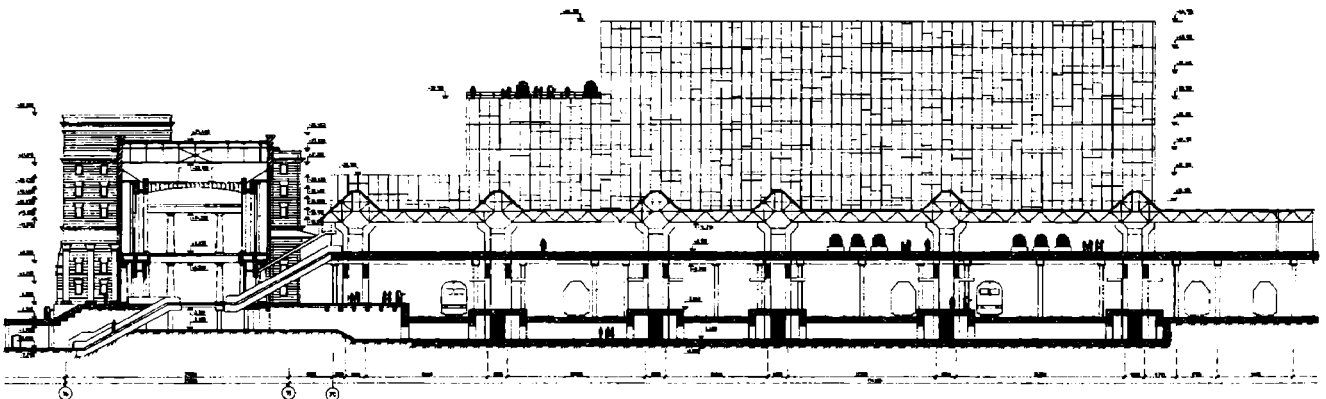
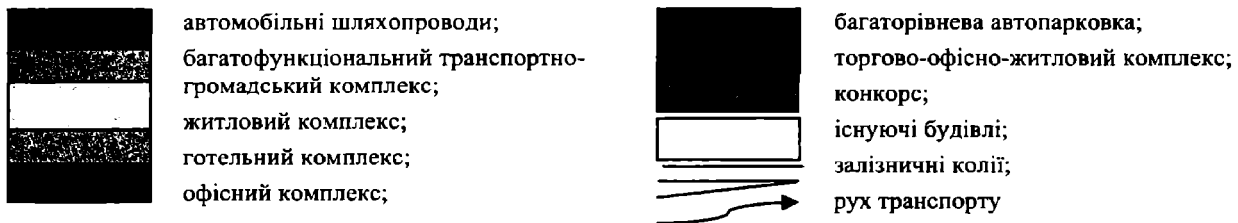


Рис. 10. Проект реконструкції залізничної станції Дніпропетровськ-Головний. Розріз

Обсяги перспективи будівництва складуть: адміністративного - 250 тис. м²; житлового - 885 тис. м²; торгового - 84 тис. м²; готельного - 32 тис. м². Крім цього передбачено будівництво більше 5 км шляхо-

проводів для руху автомобільного та громадського транспорту та привокзальних площ, розташованих над залізничною інфраструктурою (рис. 10).

Освоєння надколіїного простору та прилег-

ТРАНСПОРТНЕ БУДІВНИЦТВО

лих територій дозволило виявити майже 75 га земель в центрі міста, де для традиційного способу будівництва земельних ділянок необхідної площі, які задовольняють всім вимогам практично не залишилось. Запропонований комплекс характеризується високим ступенем компактності, а функціонально-планувальні та об'ємно-просторові рішення орієнтуються на максимально інтенсивне використання цієї території.

Крім цього, такий спосіб будівництва дозволяє вирішити ряд супутніх проблем – об'єднання міських територій, розрізаних залізничною інфраструктурою, покращення експлуатаційних показників будівель, зменшення завантаження міського транспорту, підвищення зручності пасажирів, рівня обслуговування, зменшення екологічного та шумового впливу на прилеглу забудову.

Відбувається активне освоєння транспортних околиць, впровадження їх в міське середовище, що в свою чергу підвищує їх цінність.

Основні результати та висновки

Проведено аналіз генеральних планів крупних міст України. Виявлено, що лінії залізничних колій, які проходять через житлові, промислові, рекреаційні та інші зони міста займають від 2 % до 6 % його території. Найменшу територію залізниці займають в Києві (1,94 %) та Луганську (1,76 %). Найбільшу – в Кривому Розі (5,71 %), Львові (5,34 %), Одесі (4,94 %) та Дніпропетровську (4,48 %). Проведений аналіз світового досвіду будівництва та реконструкції залізничних вокзалів. Досліджені можливості використання міських залізниць як об'єкту повторної забудови.

На прикладі Дніпропетровська проведено зонування залізничних колій та прилеглих територій з метою виявлення ділянок, які будуть цікаві з економічної точки зору сьогодні та в майбутньому. В результаті аналізу було виявлено 6 типів ділянок, в залежності від територій, з якими межують залізничні колії. Такий поділ є необхідним, адже дозволяє правильно обрати тип забудови у відповідності до конкретного місця будівництва, оскільки забудова надколійного простору повинна підпорядковуватись єдиній меті – максимальній економічній ефективності проекту та швидкій окупності першочергових інвестицій.

Як видно з аналізу, для Дніпропетровська характерне переважання ділянок залізниць, які

межують з житловими, спальними районами та ділянками, що межують з промисловими підприємствами. Крім цього, виявлено протяжні зони залізниці, що межують з особливо цінними територіями (центр міста, громадські будівлі, площі, транспортні перетини, густонаселені райони і т. д.), які й представляють найбільший інтерес для будівництва.

Серед усіх ділянок були визначені три найбільш перспективні: в районі станції «Дніпропетровськ-Головний», в районі пункту зупинки «Проспектна», в районі станції «Нижньодніпровськ». На прикладі однієї з цих зон розроблений ескізний проект будівництва багатофункціонального транспортно-громадського комплексу, частина якого розташована над залізничними коліями. Обсяги перспективи будівництва складуть: адміністративного - 250 тис. м²; житлового - 885 тис. м²; торгового - 84 тис. м²; готельного - 32 тис. м². Крім цього передбачено будівництво більше 5 км шляхопроводів для руху автомобільного та громадського транспорту та привокзальних площ, розташованих над залізничною інфраструктурою.

Освоєння надколійного простору дозволило повторно використати майже 75 га земель в центрі міста, де для традиційного способу будівництва земельних ділянок практично не залишилось. Такі результати підтверджують ефективність та актуальність подальших досліджень.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Батырев, В. М. Вокзалы / В. М. Батырев. – М. : Стройиздат, 1988. – 214 с.
2. Боков, А. В. Многофункциональные комплексы и сооружения / А. В. Боков. – М. : Стройиздат, 1973. – 178 с.
3. Гайкова, Л. В. Крупные многофункциональные общественные центры как объект системного проектирования / Л. В. Гайкова // Архитектон. – 2002. – № 9. – С. 110–117.
4. Коноплева, Е. В. Специфика размещения многофункциональных комплексов в структуре крупнейших городов / Е. В. Коноплева, Д. Н. Гура // Архитектон. – 2007. – № 79. – С. 408–413.
5. Лисициан, М. В. Архитектурное проектирование жилых зданий / М. В. Лисициан. – М. : Стройиздат, 1990. – 488 с.
6. Мироненко, В. П. Предпосылки модернизации железнодорожных вокзалов в современных условиях / В. П. Мироненко, О. М. Борзов //

ТРАНСПОРТНЕ БУДІВНИЦТВО

- Архитектон. – 2008. – № 5. – С. 7–12.
7. Рабинович, В. Р. Некоторые приемы реконструкции крупных железнодорожных вокзалов / В. Р. Рабинович. – М. : ЦНИИОМТП, 1969. – 120 с.
 8. Узиков, Н. И. Совершенствование организации реконструкции железнодорожных вокзалов / Н. И. Узиков. – М. : ВЗИИТ, 1985. – 157 с.
 9. Худенко, В. Ф. Некоторые аспекты реконструкции крупнейших железнодорожных вокзалов / В. Ф. Худенко, Е. А. Морозов // Архитектура железнодорожных вокзалов и вокзальных комплексов : тезисы докладов конференции. СПб : ПГУПС, 2001. – С. 14–16.
 10. Цайдлер, Э. Многофункциональная архитектура / Э. Цайдлер. – М. : Стройиздат, 1988. – 264 с.
 11. Bertolini, L. Cities on rails / L. Bertolini, T. Split. – Utrecht : Utrecht University, 1998. – 320 p.
 12. Brian, E. The Modern station – New Approaches to railway Architecture / E. Brian. – London : Spon, 1997. – 450 p.
 13. Cerver, F. The architect of stations and terminals / F. Cerver. – New York : Hearst Books International, 1997. – 330 p.
 14. Vakar, L. Railway Station Structures Designed for Densely Populated Urban Areas / L. Vakar, H. Snijder. – Utrecht : Utrecht University, 2001. – 280 p.

А. В. РАДКЕВИЧ¹, В. Ф. ХУДЕНКО², Д. А. ЮРКОВ^{3*}

¹ Каф. Строительного производства и геодезии, Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта им. ак. В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, 49010, Днепропетровск, Украина, эл. почта bely-a@yandex.ru

² Каф. Зданий и строительных материалов, Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта им. ак. В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, 49010, Днепропетровск, Украина, эл. почта valhood53@gmail.com

^{3*} Каф. Зданий и строительных материалов, Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта им. ак. В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, 49010, Днепропетровск, Украина, эл. почта yurkov_1989@mail.ru

ГОРОДСКИЕ ЖЕЛЕЗНЫЕ ДОРОГИ КАК ОБЪЕКТ ПОВТОРНОЙ ЗАСТРОЙКИ

Цель. Анализ мирового опыта надпутевого строительства и реконструкции вокзальных комплексов, исследование возможностей освоения надпутевого пространства в крупных городах Украины, анализ генерального плана г. Днепропетровск с целью выявления оптимальных зон для строительства транспортных мультикомплексов. **Методика.** Для проведения исследований использовался картографический метод, методы натурных наблюдений, а также графическое моделирование. **Результаты.** Проведенный анализ генеральных планов крупных городов Украины обнаружил, что линии железнодорожных путей, проходящих через жилые, промышленные, рекреационные и другие зоны города занимают от 2% до 6% его территории. Проведено зонирование железнодорожных путей и прилегающих территорий в г. Днепропетровск, выявлено 6 типов участков и определены перспективы их использования. **Научная новизна.** На примере одного из наиболее перспективных участков в г. Днепропетровск разработан эскизный проект реконструкции зоны центрального железнодорожного вокзала с застройкой надпутевого пространства многофункциональными комплексами общей полезной площадью более 1 млн. м². **Практическая значимость.** Территории, занятые железнодорожной инфраструктурой являются значительным резервом для строительства, особенно в районах повышенной концентрации транспорта и человеческих масс, где для традиционных способов строительства участков не осталось. Кроме этого, такой подход решает ряд сопутствующих проблем, интегрируя в одном узле большое количество внутренних и внешних, пассажирских и транспортных потоков. Применение такого подхода открывает значительные возможности для транспортного строительства. Это подтверждает эффективность и актуальность дальнейших исследований.

Ключевые слова: зонирование; городские дороги; вокзальные комплексы; надпутево пространство; транспортное строительство

А. V. RADKEVICH¹, V. F. HUDENKO², D. A. YURKOV^{3*}

¹ Dep. Building production and geodesy, Dnepropetrovsk National University of Railway Transport named. Acad. V. Lazaryan str. Lazaryana, 2, 49010, Dnepropetrovsk, Ukraine, e-mail bely-a@yandex.ru

² Dep. Buildings and building materials, Dnepropetrovsk National University of Railway Transport named. Acad. V. Lazaryan str. Lazaryana, 2, 49010, Dnepropetrovsk, Ukraine, e-mail valhood53@gmail.com

^{3*} Dep. Buildings and building materials, Dnepropetrovsk National University of Railway Transport named. Acad. V. Lazaryan str. Lazaryana, 2, 49010, Dnepropetrovsk, Ukraine, e-mail yurkov_1989@mail.ru

URBAN RAILWAYS AS AN OBJECT OF REDEVELOPMENT .

Purpose. Analysis of the global experience of above-road construction and reconstruction of station complexes; the study of opportunities capacity above-road space in major Ukrainian cities, analyzing the general plan of Dnepropetrovsk in order to identify optimal areas for the construction of transport multicomplexes. **Methodology.** The chart method, the methods of field observation, and graphic simulation method have been used for the researches. **Findings.** The analysis of the general plans of the major cities of Ukraine found out that the railway line passing through residential, industrial, recreational and other areas of the city occupies from 2% to 6% of its territory. Zoning of railways and adjacent areas in the city of Dnepropetrovsk has been done; identified six types of sites and determined the prospects for their use. **Originality.** On the example of one of the most promising station areas in Dnepropetrovsk we propose a conceptual design of the reconstruction of the central railway station area with above-road space building by multifunctional complexes of the total useful floor area of more than 1 million m². **Practical value.** The areas occupied by railway infrastructure are significant reserves for construction, especially in the areas of high concentration of transport and human masses, where no area for traditional methods of building left. In addition, this approach solves a number of related problems, integrating in a single centre a large number of internal and external passenger and cargo flows.

Keywords: zoning; urban railways; station complexes; above-road space; transport construction

REFERENCES

1. Batyrev V.M. *Vokzaly* [Railway stations]. Moscow, Stroyizdat Publ., 1988. 214 p.
2. Bokov A.V. *Mnogofunktsionalnyye komplekсы i sooruzheniya*. [Mixed-use buildings and facilities]. Moscow, Stroyizdat Publ., 1973. 178p.
3. Haykova L.V. *Krupnyye mnogofunktsionalnyye obshchestvennyye tsentry kak obyekt sistemnogo proektirovaniya* [Large multipurpose community centers as an object of system design]. *Arkhiton - Arkhiton*, 2002. pp.110-117
4. Konopleva E.V. *Spetsifika razmeshcheniya mnogofunktsionalnykh kompleksov v structure krupneyshikh gorodov* [The specifics of placing mixed-use structure in the largest cities]. *Arkhiton - Arkhiton*, 2007, no. 79, pp. 408-413.
5. Lisitsian M.V. *Arkhiturnoye proektirovaniye zhilykh zdaniy* [The architectural design of residential buildings]. Moscow, Stroyizdat Publ., 1990. 488p.
6. Myronenko V.P. *Predposylki modernizatsii zheleznodorozhnykh vokzalov v sovremennykh usloviyakh* [Prerequisites of modernization of railway stations in the present conditions]. *Arkhiton - Arkhiton*, 2008, no. 5, pp.7-12
7. Rabinovich V.R. *Nekotoryye priemy rekonstruktsii krupnykh zheleznodorozhnykh vokzalov* [Some methods of reconstruction of large railway stations]. Moscow, CNIOMPT Publ., 1969. 120 p.
8. Uzikov N.I. *Sovershenstvovaniye organizatsii rekonstruktsii zheleznodorozhnykh vokzalov* [Improving the organization of the reconstruction of the railway stations]. Moscow, VZIT Publ., 1985. 157 p.
9. Khudenko V.F. *Nekotoryye aspekty rekonstruktsii krupneyshykh zheleznodorozhnykh vokzalov* [Some aspects of reconstruction of large railway stations]. *Tezisy dokladov konferentsii "Arkhitura zheleznodorozhnykh vokzalov i vokzalnykh kompleksov"* [Proc.of the conference "Architecture of railway stations and station complexes]. Saint-Petersburg, PHUPS Publ., 2001, pp. 14-16.
10. Tsaydler E. *Mnogofunktsionalnaya arkhitura* [Multi-functional architecture]. Moscow, Stroyizdat Publ., 1988. 264 p.
11. Bertolini L., Split T. *Cities on rails*. Utrecht, Utrecht University Publ., 1998. 320 p.
12. Vakar L., Snijder H. *Railway Station Structures Designed for Densely Populated Urban Areas*. Utrecht, Utrecht University Publ., 2001. 280 p.
13. Brian E. *The Modern station – New Approaches to railway Architecture*. London, Spon Publ., 1997. 450 p.
14. Cerver F. *The architect of stations and terminals*. New York, Hearst Books International Publ., 1997. 330 p.

Стаття рекомендована до друку д.т.н., проф. Д. О. Банніковим (Україна); головним архітектором ВАТ «Дніпрогіпротранс» О. Н. Потаповим (Україна)

Надійшла до редколегії 12.12.2012

Прийнята до друку 25.02.2013

ЗМІСТ

НАУКА ТА ПРОГРЕС ТРАНСПОРТУ

С. В. МЯМЛІН

ПРОГРЕС ТРАНСПОРТУ – ЗАПОРУКА РОЗВИТКУ НАЦІОНАЛЬНОЇ ЕКОНОМІКИ.....7

АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ НА ТРАНСПОРТІ

Г. А. БУРЕЙКА, Л. Г. ЛЮДВИНАВИЧЮС

ОЦІНКА АВАРІЙНОСТІ НА ЗАЛІЗНИЧНИХ ПЕРЕЇЗДАХ ЛИТВИ13

С. Ю. БУРЯК

ДІАГНОСТУВАННЯ СТАНУ ПОВЕРХНІ КОЧЕННЯ КОЛЕСА РУХОМОГО СКЛАДУ ЗАЛІЗНИЦЬ.....22

К. В. ГОНЧАРОВ

СИНТЕЗ ЦИФРОВОГО ЛОКОМОТИВНОГО ПРИЙМАЧА АВТОМАТИЧНОЇ ЛОКОМОТИВНОЇ СИГНАЛІЗАЦІЇ.....30

ЕКОЛОГІЯ НА ТРАНСПОРТІ

О. К. НАГОРНА

CFD-МОДЕЛЬ ПРОЦЕСУ МАСОПЕРЕНОСУ У ВЕРТИКАЛЬНОМУ ВІДСТІЙНИКУ39

Л. М. ЧЕРНЯК

ВТРАТИ ВІД ВИПАРОВУВАННЯ – ШЛЯХ ДО ПОГІРШЕННЯ ЯКОСТІ ПАЛИВ51

ЕКОНОМІКА ТА УПРАВЛІННЯ

В. Д. ЗЕЛІКМАН, О. Ю. РУБЕЦЬ

МЕТОДИКА ОЦІНКИ ЯКІСНИХ ПОКАЗНИКІВ ЕФЕКТИВНОСТІ ДІЯЛЬНОСТІ НЕПРИБУТКОВИХ ОРГАНІЗАЦІЙ56

Л. В. МАРЦЕНЮК

ОГЛЯД ДОСВІДУ РЕФОРМУВАННЯ ПРОВІДНИХ ЗАЛІЗНИЦЬ СВІТУ63

О. М. ПІШНЬКО, В. В. МЯМЛІН, С. В. МЯМЛІН

ЩОДО ПИТАННЯ ПРО НАУКОВЕ ОБГРУНТУВАННЯ ВІДСОТКІВ ЗА ДЕПОЗИТАМИ ТА КРЕДИТАМИ.....82

ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ

В. І. БОБРОВСЬКИЙ, А. С. ДОРОШ

ОПТИМІЗАЦІЯ РЕЖИМІВ ГАЛЬМУВАННЯ ВІДЧЕПІВ РОЗРАХУНКОВОЇ ГРУПИ СОСТАВА103

Б. Є. БОДНАР, О. Б. ОЧКАСОВ, Д. В. ЧЕРНЯЄВ

ВИЗНАЧЕННЯ МЕТОДУ ФІЛЬТРАЦІЇ СИГНАЛУ НЕРІВНОМІРНОСТІ ЧАСТОТИ ОБЕРТАННЯ КОЛІНЧАСТОГО ВАЛА ДИЗЕЛЯ.....113

ЕЛЕКТРИЧНИЙ ТРАНСПОРТ

Т. М. МІЩЕНКО

ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ТА МЕТОДИ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ПАРАМЕТРІВ ПРИСТРОЇВ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ТЯГИ. МЕТОД ЦИКЛІЧНОЇ ВОЛЬТ-АМПЕРНОЇ ХАРАКТЕРИСТИКИ.....119

МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО

Л. І. ВАКУЛЕНКО, В. А. СОКІРКО, Ю. Л. НАДЕЖДІН

ЕЛЕКТРИЧНА ІМПУЛЬСНА ОБРОБКА МЕТАЛУ ОБОДУ ЗАЛІЗНИЧНОГО КОЛЕСА ПІСЛЯ ЕКСПЛУАТАЦІЇ126

РУХОМИЙ СКЛАД ЗАЛІЗНИЦЬ І ТЯГА ПОЇЗДІВ

С. В. БЕСПАЛЬКО, В. І. БОГАЧЕВ

ОЦІНКА ВПЛИВУ ПАРАМЕТРІВ ДНИЩА НА НАПРУЖЕНИЙ СТАН КОТЛА ЦИСТЕРНИ 133

І. О. БОНДАРЕНКО, Д. М. КУРГАН

ВИРІШЕННЯ ЗАДАЧ НАДІЙНОСТІ СИСТЕМИ НА ОСНОВІ МОДЕЛЮВАННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМАЦІЙНОГО СТАНУ ЗАЛІЗНИЧНОЇ КОЛІЇ ЗАСОБАМИ ТЕОРІЇ РОЗПОВСЮДЖЕННЯ ПРУЖНИХ ХВИЛЬ..... 139

А. Н. КОМАРОВА, Ю. П. БОРОНЕНКО

ОЦІНКА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ НЕТЯГОВОГО РУХОМОГО СКЛАДУ 149

Н. С. НАУМЕНКО, І. Ю. ХИЖА

ОЦІНКА ВПЛИВУ РОБОТИ ПРИСТРОЇВ СИСТЕМИ ПАСИВНОЇ БЕЗПЕКИ ПАСАЖИРСЬКОГО ЛОКОМОТИВУ НА ЙОГО ДИНАМІЧНУ НАВАНТАЖЕНІСТЬ ПРИ АВАРІЙНОМУ ЗІТКНЕННІ З ПЕРЕШКОДОЮ НА ЗАЛІЗНИЦІ 154

С. В. МЯМЛІН, Л. О. НЕДУЖА, О. О. ТЕН, А. О. ШВЕЦЬ

ВИЗНАЧЕННЯ ДИНАМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ВАНТАЖНИХ ВАГОНІВ З УРАХУВАННЯМ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ КОВЗУНІВ 162

ТРАНСПОРТНЕ БУДІВНИЦТВО

В. В. ПРИСТИНСЬКА

ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ХІМІЧНИХ ДОБАВОК ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ВИРОБІВ 170

А. В. РАДКЕВИЧ, В. Ф. ХУДЕНКО, Д. А. ЮРКОВ

МІСЬКІ ЗАЛІЗНИЦІ ЯК ОБ'ЄКТ ПОВТОРНОЇ ЗАБУДОВИ 177

СОДЕРЖАНИЕ

НАУКА И ПРОГРЕСС ТРАНСПОРТА

С. В. МЯМЛИН

ПРОГРЕСС ТРАНСПОРТА – ЗАЛОГ РАЗВИТИЯ НАЦИОНАЛЬНОЙ ЭКОНОМИКИ7

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ НА ТРАНСПОРТЕ

Г. А. БУРЕЙКА, Л. Г. ЛЮДВИНАВИЧЮС

ОЦЕНКА АВАРИЙНОСТИ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ПЕРЕЕЗДАХ ЛИТВЫ13

С. Ю. БУРЯК

ДИАГНОСТИРОВАНИЕ СОСТОЯНИЯ ПОВЕРХНОСТИ КАТАНИЯ КОЛЕСА ПОДВИЖНОГО СОСТАВА
ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ22

К. В. ГОНЧАРОВ

СИНТЕЗ ЦИФРОВОГО ЛОКОМОТИВНОГО ПРИЕМНИКА АВТОМАТИЧЕСКОЙ ЛОКОМОТИВНОЙ
СИГНАЛИЗАЦИИ30

ЭКОЛОГИЯ НА ТРАНСПОРТЕ

Е. К. НАГОРНАЯ

CFD-МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА МАССОПЕРЕНОСА В ВЕРТИКАЛЬНОМ ОТСТОЙНИКЕ39

Л. Н. ЧЕРНЯК

ПОТЕРИ ОТ ИСПАРЕНИЯ - ПУТЬ К УХУДШЕНИЮ КАЧЕСТВА ТОПЛИВ51

ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ

В. Д. ЗЕЛИКМАН, О. Ю. РУБЕЦ

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ КАЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ
НЕПРИБЫЛЬНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ56

Л. В. МАРЦЕНЮК

ОБЗОР ОПЫТА РЕФОРМИРОВАНИЯ ВЕДУЩИХ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ МИРА.63

А. Н. ПШИНЬКО, В. В. МЯМЛИН, С. В. МЯМЛИН

К ВОПРОСУ О НАУЧНОЙ ОБОСНОВАННОСТИ ПРОЦЕНТОВ ПО ДЕПОЗИТАМ И КРЕДИТАМ82

ЭКСПЛУАТАЦИЯ И РЕМОНТ СРЕДСТВ ТРАНСПОРТА

В. И. БОБРОВСКИЙ, А. С. ДОРОШ

ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМОВ ТОРМОЖЕНИЯ ОТЦЕПОВ РАСЧЕТНОЙ ГРУППЫ СОСТАВА103

Б. Е. БОДНАР, О. Б. ОЧКАСОВ, Д. В. ЧЕРНЯЕВ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТОДА ФИЛЬТРАЦИИ СИГНАЛА НЕРАВНОМЕРНОСТИ ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ
КОЛЕНЧАТОГО ВАЛА ДИЗЕЛЯ113

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТРАНСПОРТ

Т. Н. МІЩЕНКО

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ И МЕТОДЫ ИДЕНТИФИКАЦИИ ПАРАМЕТРОВ УСТРОЙСТВ СИСТЕМЫ
ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ТЯГИ. МЕТОД ЦИКЛИЧЕСКОЙ ВОЛЬТ-АМПЕРНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ119

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

Л. И. ВАКУЛЕНКО, В. А. СОКИРКО, Ю. Л. НАДЕЖДИН

ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ИМПУЛЬСНАЯ ОБРАБОТКА МЕТАЛЛА ОБОДА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО КОЛЕСА
ПОСЛЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ126

ПОДВИЖНОЙ СОСТАВ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ И ТЯГА ПОЕЗДОВ

С. В. БЕСПАЛКО, В. И. БОГАЧЕВ

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ ДНИЩА НА НАПРЯЖЕННОЕ СОСТОЯНИЕ КОТЛА ЦИСТЕРНЫ 133

И. А. БОНДАРЕНКО, Д. Н. КУРГАН

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ НАПРЯЖЕННО-
ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПУТИ СРЕДСТВАМИ ТЕОРИИ
РАСПРОСТРАНЕНИЯ УПРУГИХ ВОЛН 139

А. Н. КОМАРОВА, Ю. П. БОРОНЕНКО

ОЦЕНКА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ НЕТЯГОВОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА 179

Н. Е. НАУМЕНКО, И. Ю. ХИЖА

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ РАБОТЫ УСТРОЙСТВ СИСТЕМЫ ПАССИВНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПАССАЖИРСКОГО
ЛОКОМОТИВА НА ЕГО ДИНАМИЧЕСКУЮ НАГРУЖЕННОСТЬ ПРИ АВАРИЙНОМ СТОЛКНОВЕНИИ
С ПРЕПЯТСТВИЕМ НА ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГЕ 154

С. В. МЯМЛИН, Л. А. НЕДУЖАЯ, А. А. ТЕН, А. А. ШВЕЦ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ С УЧЕТОМ ТЕХНИЧЕСКОГО
СОСТОЯНИЯ СКОЛЬЗУНОВ 162

ТРАНСПОРТНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО

В. В. ПРИСТИНСКАЯ

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ХИМИЧЕСКИХ ДОБАВОК ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ
ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ 170

А. В. РАДКЕВИЧ, В. Ф. ХУДЕНКО, Д. А. ЮРКОВ

ГОРОДСКИЕ ЖЕЛЕЗНЫЕ ДОРОГИ КАК ОБЪЕКТ ПОВТОРНОЙ ЗАСТРОЙКИ 177

CONTENTS

SCIENCE AND TRANSPORT PROGRESS

S. V. MYAMLIN

TRANSPORT PROGRESS AS A PLEDGE OF NATIONAL ECONOMY DEVELOPMENT7

TRANSPORT AUTOMATED CONTROL SYSTEMS

GINTAUTAS BUREIKA, LIONGINAS LIUDVINAVICHIOUS

ASSESSMENT OF ACCIDENT RATE AT LITHUANIAN RAILWAYS LEVEL CROSSINGS 13

S. Yu. BURYAK

DIAGNOSTICS OF THE WHEEL THREAD OF RAILWAY ROLLING STOCK.....22

K. V. GONCHAROV

SYNTHESIS OF DIGITAL LOCOMOTIVE RECEIVER OF AUTOMATIC LOCOMOTIVE SIGNALING.....30

TRANSPORT ECOLOGY

E. K. NAGORNAYA

CFD-MODEL OF THE MASS TRANSFER IN THE VERTICAL SETTLER.....39

L. M. CHERNIAK

THE LOSSES FROM EVAPORATIONS IS THE WAY FOR QUALITY LOSSES OF FUELS51

ECONOMICS AND MANAGEMENT

V. D. ZELIKMAN, O. Yu. RUBETS

THE METHOD OF QUALITY INDICATORS EVALUATION FOR NON-PROFIT ORGANIZATIONS ACTIVITIES56

L. V. MARTSENYUK

REVIEW OF EXPERIENCE OF MAJOR REFORM OF RAILWAYS OF THE WORLD63

O. M. PSHINKO, V. V. MYAMLIN, S. V. MYAMLIN

TO THE QUESTION OF SCIENTIFIC JUSTIFICATION OF THE INTERESTS ON DEPOSITS AND CREDIT82

OPERATION AND REPAIR OF THE TRANSPORT MEANS

V. I. BOBROVSKIY, A. S. DOROSH

THE OPTIMIZATION OF RETARDING REGIMES WITHIN THE PARTICULAR GROUP OF CUTS 103

B. Ye. BODNAR, O. B. OCHKASOV, D. Ch. CHERNYAYEV

DEFINITION METHOD SIGNAL FILTERING IRREGULARITY CRANKSHAFT SPEED OF DIESEL 113

ELECTRIC TRANSPORT

T. M. MISHCHENKO

THEORETICAL ASPECTS AND METHODS OF PARAMETERS IDENTIFICATION
OF THE ELECTRIC TRACTION SYSTEM DEVICES. METHOD OF CYCLIC CURRENT-VOLTAGE
CHARACTERISTICS..... 119

MATERIAL SCIENCE

L. I. VAKULENKO, V. A. SOKYRKO, Y. L. NADEZHDIN

ELECTRIC PULSE TREATMENT OF RIM WHEEL METAL AFTER OPERATION 126

ROLLING STOCK AND TRAIN TRACTION

S. V. BESPALKO, V. I. BOGACHEV

TANK HEAD PARAMETERS ASSESSMENT OF INFLUENCE ON TANK CAR BOILER STRESS
AND STRAIN STATE133

I. O. BONDARENKO, D. M. KURGAN

SOLUTION OF THE PROBLEMS OF SYSTEM RELIABILITY BY MODELING THE STRESS-STRAIN STATE
OF RAIL TRACK USING THE THEORY OF ELASTIC WAVES PROPAGATION139

N. Ye. NAUMENKO, I. Yu. KHIZHA

INFLUENCE ASSESSMENT OF THE OF PASSIVE RESTRAINT SYSTEM DEVICES OF THE PASSENGER
LOCOMOTIVE ON ITS DYNAMIC LOADING DURING ACCIDENT ON THE RAILROAD149

A. N. KOMAROVA, Y. P. BORONENKO

ESTIMATION OF ENERGY EFFICIENCY OF NON-TRACTIVE ROLLING STOCK154

S. MYAMLIN, L. NEDUZHA, O. TEN, A. SHVETS

DETERMINATION OF DYNAMIC PERFORMANCE OF FREIGHT CARS TAKING INTO ACCOUNT TECHNICAL
CONDITION OF SIDE BEARERS162

TRANSPORT CONSTRUCTION

V. V. PRISTINSKAYA

THE EFFICIENCY OF THE USE OF CHEMICAL ADDITIVES FOR MANUFACTURE OF CONCRETE PRODUCTS170

A. V. RADKEVICH, V. F. HUDENKO, D. A. YURKOV

URBAN RAILWAYS AS AN OBJECT OF REDEVELOPMENT177

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 в електронному виглядах у програмі Microsoft Word 2003 або більш ранній – файли *.doc (файли *.docx, *.docm – 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 журналу 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 об'єму наукових статей, повідомлень, відгуків та рецензій:

- оглядові та проблемні статті – до 45 000 знаків з пробілами (7-10 стор.);
- загальні статті за рубриками видання – до 30 000 знаків з пробілами (5-7 стор.);
- наукове повідомлення – до 8 000 знаків з пробілами (до 2,5 стор.);
- відгук або рецензія – до 6 000 знаків з пробілами (до 2 стор.).

Матеріал надається у форматі A4, 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> або <http://stp.diit.edu.ua/>

Для прийняття 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; вчений ступінь; учене звання; місце роботи або навчання; адреса електронної пошти; номери контактних телефонів). Назва файлу – Ivanov_II_vidomosti.doc.
- **Третій** - рецензія (відсканований). Назва файлу - Ivanov_II_recenziia.jpg.
- **Четвертий** – Експертний висновок (відсканований). Назва файлу – Ivanov_II_vysnovok.jpg. (складається в вільній формі)
- **П'ятий** – Ліцензійний договір (відсканований). Назва файлу – Ivanov_II_dogovir.jpg. Текст договору: <http://library.diit.edu.ua/HTMLs/scientists/Vumogu/license.doc> або <http://stp.diit.edu.ua/>.

2. Для друкованої інформації. Матеріали до редакції надаються особисто або надсилаються поштою. До них відносяться: 1) Два друкованих примірники рукопису з підписами всіх співавторів на останньому аркуші роботи; 2) Оригінал Ліцензійного договору з підписами всіх соавторів; 3) Оригінал експертного висновку; 4) (для співробітників ДНУЗТ) Рекомендація до друку за підписом відповідального редактора розділу.

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, будь ласка, звертайтеся до редакції журналу за адресою:

Науково-технічна бібліотека (ауд. 166),
 Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту,
 вул. Лазаряна, 2,
 м. Дніпропетровськ,
 Україна,
 49010
 e-mail: visnik@diit.edu.ua
 Адреса сайту журналу: <http://stp.diit.edu.ua/>



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 наступними спеціальностями:

І. 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 паспорту,
- 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 диплому про закінчення вищого навчального закладу із зазначенням одержаної кваліфікації спеціаліста,
- копію диплома кандидата наук,
- копію атестату 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,
- три фотокартки розміром 3х4.

ІІ. 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 в 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 паспорту.
- 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 3х4.

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, Приймальна);

(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 3 спеціалізовані вчені ради з 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).

Науковий журнал

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

№ 1 (43) 2013

(українською, російською та англійською мовами)

Відповідальний за випуск – Т. О. Колесникова

Комп'ютерне верстання – Т. В. Шевченко

Літературна обробка – Ю. Г. Дішкант

Формат 60 × 84¹/₈. Ум. друк. арк. 22,90. 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



Научный журнал

**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)**

№ 1 (43) 2013

(на украинском, русском и английском языках)

Ответственный за выпуск – Т. А. Колесникова

Компьютерная верстка – Т. В. Шевченко

Литературная обработка – Ю. Г. Дишкант

Формат 60 × 84¹/₈. Ус. печат. лист. 22,90. 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 Journal

**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. 1 (43) 2013

(in Ukrainian, Russian and English languages)

Responsible for issue – Т. О. Kolesnikova

Computer makeup – Т. V. Shevchenko

Redaction – Y. H. Dishkant

Format 60 × 84¹/₈. Conventional printed sheet 22,90. 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

© Дніпропетровський національний університет
залізничного транспорту імені академіка
В. Лазаряна, 2013

Для нотаток



СУЧАСНІ ЗАКЛАДИ ОСВІТИ - 2013

Четверта Міжнародна Виставка

CERTIFICATE

якості наукових публікацій
УДОСТОЄНИЙ

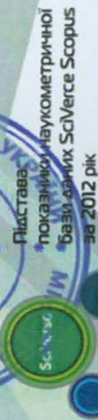
Дніпропетровський національний університет
залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна

Міністерство освіти і науки,
молоді та спорту України

Міністр



Д. Табачник



Національна академія
педагогічних наук України

Президент



В. Кремень

Україна, м. Київ

Асоціація користувачів
Української науково-освітньої
телекомунікаційної мережі «Уран»

Голова Ради



Ю. Якименко

109,64

