

УДК 656.212

Д. Н. КОЗАЧЕНКО^{1*}, Н. И. БЕРЕЗОВЫЙ^{2*}, Н. М. САННИЦКИЙ^{3*}

^{1*} Научно-исследовательская часть, Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, 49010, Днепропетровск, Украина, тел. +38 (056) 373 15 04, эл. почта kozachenko@upr.dit.edu.ua, ORCID 0000-0003-2611-1350

^{2*} Каф. «Управление эксплуатационной работой», Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, Днепропетровск, Украина, 49010, тел. +38 (056) 371 51 03, эл. почта niber07@mail.ru, ORCID 0000-0001-6774-6737

^{3*} Львовский колледж транспортной инфраструктуры Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Снопковская, 47, г. Львов, 79011, тел. +38 (032) 276-1490 эл. почта nazar_ltzt@ukr.net, ORCID 0000-0003-0254-7301

ФОРМАЛИЗАЦИЯ ОПИСАНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

Мета. Стаття спрямована на дослідження інформаційних джерел містять опис інфраструктури залізниць України та розробку методів формального її опису відповідно до вимог Європейського Союзу. **Методика.** В якості моделі залізничної інфраструктури запропоновано використовувати параметричний граф. Для представлення графа в пам'яті ЕОМ використані методи реляційних баз даних. **Результати.** При допуску на магістральну інфраструктуру незалежних перевізників менеджер інфраструктури повинен буде у відкритому доступі надавати опис залізничної інфраструктури. Досліджено структуру технологічних документів залізниць. Запропонована вдосконалена структура технологічного процесу дирекції залізничних перевезень. Також розроблена структура бази даних, що дозволяє реалізувати інтерактивну карту інфраструктури залізниць України. **Наукова новизна.** Наукова новизна роботи полягає в удосконаленні методів опису залізничної інфраструктури для можливості організації перевезень незалежними перевізниками на магістральній залізничній мережі. **Практична значимість.** Практична значимість отриманих результатів полягає в тому, що представлено опис наближає опис інфраструктури українських залізниць до опису інфраструктури залізниць ЄС і дозволяє в майбутньому спростити перехід на європейську нормативну базу.

Ключові слова: залізнична інфраструктура; бази даних; технологічний процес; реформування залізниць; умови користування інфраструктурою.

Цель. Статья направлена на исследование информационных источников содержащих описание инфраструктуры железных дорог Украины и разработку методов формального ее описания в соответствии с требованиями Европейского Союза. **Методика.** В качестве модели железнодорожной инфраструктуры предложено использовать параметрический граф. Для представления графа в памяти ЭВМ использованы методы реляционных баз данных. **Результаты.** При допуске на магистральную инфраструктуру независимых перевозчиков менеджер инфраструктуры должен будет в открытом доступе предоставлять описание железнодорожной инфраструктуры. Исследована структура технологических документов железных дорог. Предложена усовершенствованная структура технологического процесса дирекции железнодорожных перевозок. Также разработана структура базы данных, позволяющая реализовать интерактивную карту инфраструктуры железных дорог Украины. **Научная новизна.** Научная новизна работы состоит в совершенствовании методов описания железнодорожной инфраструктуры для возможности организации перевозок независимыми перевозчиками на магистральной железнодорожной сети. **Практическая значимость.** Практическая значимость полученных результатов состоит в том, что представленное описание приближает описание инфраструктуры украинских железных дорог к описанию инфраструктуры железных дорог ЕС и позволяет в будущем упростить переход на европейскую нормативную базу.

Ключевые слова: железнодорожная инфраструктура; базы данных; технологический процесс; реформирование железных дорог; условия пользования инфраструктурой.

Purpose. The studying of the sources of information containing a description of the railway infrastructure in Ukraine and the development of formal methods of its description in accordance with the requirements of the European Union is the purpose of this article. **Methodology.** As a model of railway infrastructure is proposed to use a parametric graph. To represent the graph in a computer memory the methods of relational databases are used. **Findings.** When independent companies will be admitted to the main railway infrastructure, infrastructure manager should provide a description of the railway infrastructure in open access. The structure of the technological documents railways was explored. The structure of technological processes of rail transportation was improved. Also it was developed a database structure that allows to implement an interactive map of the railway infrastructure in

Ukraine. **Originality** The originality of this work consists in improving of description of the railway infrastructure for the possibility of organization of transportation by independent carriers on the main rail network. **Practical value.** The practical value of the results is that the present description of the infrastructure brings Ukrainian railways to the description of EU railway infrastructure, and allow in the future to simplify the conversion to the European regulatory framework.

Keywords: railway infrastructure; database; technological process; reform of the railways; Network Statements.

Введение

Евроинтеграционные процессы вызывают необходимость гармонизации нормативных и технологических документов железнодорожного транспорта Украины, с документами, регламентирующими деятельность железных дорог Европейского Союза. В настоящее время в соответствии с «Общегосударственной программой адаптации законодательства Украины к законодательству Европейского Союза» [1] выполняется изменение отечественной законодательной базы с целью организации рынка железнодорожных перевозок в соответствии с принципами, указанными в Директивах Европейского Союза. Следствием изменений в законодательном поле будут изменения системы нормативных, технических и технологических документов, регламентирующих деятельность Укрзалізничці. Предварительная проработка этих вопросов позволит упростить и ускорить процессы адаптации функционирования отечественных железных дорог к работе по правилам Европейского Союза [2, 3].

В настоящее время в большинстве стран Европейского Союза реализован принцип полного или частичного вертикального разделения деятельности по управлению инфраструктурой и выполнению перевозок. При этом, при полном вертикальном разделении имеет место правовое, организационное и институциональное разделение видов деятельности когда компания, владеющая инфраструктурой, предоставляет услуги этой инфраструктурой всем перевозчикам на основании контактов. Примерами стран, где реализован принцип полного разделения деятельности по управлению инфраструктурой и перевозок является Великобритания, Испания, Польша и др. При частичном вертикальном разделении компания (холдинг), обладающий инфраструктурой, имеет подразделения, которые занимаются перевозочной деятельностью, или инфраструктура передается в оперативное управление одному из перевозчиков. Остальным перевозчикам доступ к инфраструктуре предоставляется на договорной основе. К таким странам относятся Германия, Франция, Литва, Латвия и др. Необходимо от-

метить, что рынок железнодорожных перевозок в Европейском Союзе является открытым. Любой перевозчик, имеющий соответствующую лицензию и сертификат безопасности, имеет право доступа к инфраструктуре железных дорог общего пользования Европейского Союза как в странах, где реализовано полное вертикальное разделение рынка перевозок, так и в странах, где реализован принцип его частичного вертикального разделения.

При такой организации рынка оператор инфраструктуры должен информировать перевозчиков о технических параметрах железных дорог. Эту задачу решает раздел «Инфраструктура» «Условий пользования инфраструктурой» (Network statements, далее NS), которые издаются в соответствии с требованиями Директив 2001/14/ЕС [4] и 2012/34/ЕС [5].

Другим нормативным документом, отвечающим за обеспечение совместимости железных дорог Европейского Союза, является Директива 2008/57/ЕС [6]. Статьей 35, этой Директивы, установлено, что страны-члены должны разрабатывать, публиковать и поддерживать в актуальном состоянии «Регистр инфраструктуры» (RINF). Этот реестр должен отражать основные черты указанных в «Технических спецификациях интероперабельности» (TSI) подсистем путевой инфраструктуры, энергоснабжения и СЦБ. Сравнение содержания описания инфраструктуры железных дорог в RINF и NS выполнено в [7]. При этом отмечено, что RINF и NS базируются на разной законодательной базе, их создание связано с различными целями и они не могут быть объединены в одном документе. В то же время значительный объем информации в них повторяется. В связи с этим целесообразной является унификация информации, которая приводится в RINF и NS во избежание дублированием данных и возможных ошибок, связанных с этим. Такой подход в частности реализован менеджером железных дорог ФРГ DB Netze.

Украинские железные дороги являются одновременно и оператором инфраструктуры и единственным перевозчиком на сети. В этой связи описание их инфраструктуры выполнено в технических и технологических документах различных структурных подразделений. Необ-

ходимо также отметить, что за последнее десятилетие Укрзалізницею проведено значительный объем работы по систематизации технологических документов, переводу их на электронные носители, созданию системы поддержки актуальности. В частности разработаны технологические процессы дирекций железнодорожных перевозок и железных дорог, содержащих описание их железнодорожной инфраструктуры. Кроме того в настоящее время разработано значительное число информационных систем и автоматизированных рабочих мест, направленных на решение задач содержания и эксплуатации железнодорожного транспорта и содержащих формальное описание инфраструктуры железных дорог [9-11].

Ввиду отсутствия задач предоставления инфраструктуры независимым перевозчикам, систематизированное описание ее в одном документе отсутствует. Получение соответствующей информации обеспечивается за счет горизонтальных и вертикальных связей внутри железных дорог и Укрзалізницею. Однако реализовать принцип свободного и недискриминационного доступа перевозчиков на магистральную железнодорожную сеть при этом нельзя.

В этой определении информации о магистральной железнодорожной инфраструктуре, необходимой для организации работы на ней независимых перевозчиков является актуальной задачей.

Цель

Целью данной работы является исследование информационных источников, содержащих описание инфраструктуры железных дорог Украины и разработка методов формального ее описания в соответствии с требованиями Европейского Союза.

Методика

В качестве базового подразделения железных дорог при выполнении исследований принята дирекция железнодорожных перевозок. Дирекция является организационным звеном на железнодорожном транспорте, которое осуществляет перевозки пассажиров, груза, грузовых багажа и почты в определенном регионе и другую производственную деятельность. Производственная деятельность дирекций железнодорожных перевозок организовывается на основании их технологических процессов. Этот документ содержит некоторый объем данных, характеризующий железнодорожную инфра-

структуру, а именно описание отдельных пунктов дирекции, характеристику пунктов продажи проездных документов на дирекции, характеристику устройств контроля технического состояния подвижного состава во время движения. Однако этой информации недостаточно для решения задач организации эксплуатации железнодорожной инфраструктуры и организации коммерческой работы с клиентами.

В качестве модели железнодорожной инфраструктуры предлагается использовать параметрический граф $G = (V, E)$. Вершинам графа $v \in V$ соответствуют операционные точки, а дугам $e \in E$ – секции. В качестве операционных точек рассматриваются элементы транспортной сети, на которых выполняются некоторые пассажирские, грузовые, коммерческие или технические операции, где меняются функциональные параметры основных подсистем железнодорожной инфраструктуры или осуществляется переход от одного менеджера инфраструктуры к другому. В качестве секций рассматривают участки путей между операционными точками.

Каждая вершина характеризуется следующими параметрами

$$v = \{n, T, d, \mathbf{k}, \mathbf{g}, \mathbf{A}\},$$

где n – идентификатор вершины;

T – тип вершины;

\mathbf{g} – географические координаты вершины;

\mathbf{k} – транспортные коридоры, на направлении которых лежит элемент транспортной системы;

d – дирекция которой принадлежит элемент транспортной системы;

\mathbf{A} – вектор дополнительных параметров, характеризующих операционную точку в зависимости от ее типа.

Основными типами вершин являются промежуточные точки, которые не имеют дополнительных параметров, а также отдельные пункты с путевым развитием и точки примыкания других менеджеров инфраструктуры.

В настоящее время все станции, отдельные разъезды и обгонные пункты железнодорожной сети имеют уникальный код единой сетевой разметки. Данный код состоит из четырех цифр, содержащих информацию о сетевом районе и порядковом номере станции в сетевом районе. При описании инфраструктуры железных дорог целесообразным является сохранение данной структуры и кодирование их в виде

$$TNYYYY$$

где NN – номер сетевого района;

УУУ – порядковый номер в сетевом районе среди вершин типа T .

Анализ существующей технической и технологической документации показывает что информация, необходимая для обеспечения безопасной эксплуатации отдельных пунктов с путевым развитием, строго формализована и содержится в их техническо-распорядительных актах (ТРА). Перечень операций, выполняемых на станциях, формализован меньше и содержится в их технологических процессах. В качестве параметров A характеризующих отдельный пункт с путевым развитием целесообразно указывать его название, назначение по основному и дополнительным характеристикам работы, код ЕСР, перечень грузовых и коммерческих, пассажирских, технических операций выполняемых на нем, тип средства СЦБ и связи на станции, стандартная длина грузового, пассажирского и пригородного поезда, контактная информация руководства станции, отметки о выполнении на станции операций с опасными грузами и возможности пропуска вагонов с негабаритными грузами. Также вектор A должен содержать ссылку на ТРА соответствующего отдельного пункта. Основная часть указанных данных содержится в Приложении «Характеристика отдельных пунктов» к технологическому процессу работы дирекций.

Информация о длине поездов, обслуживаемых на станции должна быть извлечена из ТРА станций и добавлена в технологические процессы дирекций. Информация о пассажирских, грузовых и коммерческих операциях указывается в Тарифном руководстве № 4 [8], содержится в технологических процессах станций и дирекций. При допуске на магистральную инфраструктуру независимых перевозчиков менеджером инфраструктур также могут оказываться ему услуги, связанные с выполнением технических операций, таких как выполнение маневровой работы, экипировка локомотивов и пассажирского подвижного состава, его осмотр, ремонт и т.п. В этой связи необходимо систематизировать соответствующие перечни и указывать их как в тарифном руководстве № 4, так и в технологических процессах работы станций и дирекций.

Для возможности получения более детальной информации об услугах, оказываемых на станциях в технологических процессах дирекций также необходимо ведение реестра подразделений железных дорог, независимых предприятий и организаций, работающих на инфраструктуре железнодорожных станций, с указа-

нием их контактной информации.

Также, в качестве дополнения целесообразно включить в технологический процесс работы дирекции информацию об адресах, телефонах, электронной почте отдельных пунктов.

Дирекции железнодорожных перевозок могут граничить с другими дирекциями, железными дорогами других государств, а также с предприятиями и организациями, на железнодорожную инфраструктуру которых подвижной состав проследует поездным порядком [12]. Для точек, представляющих собой границы дирекций, должна указываться контактная информация о сопредельном менеджере инфраструктуры и описание режима пропуска.

Значительным недостатком существующей структуры технологических процессов работы дирекций является отсутствие систематизированной информации о перегонах между станциями. Железные дороги Европейского Союза для перегонов указывают общую информацию, характеристики пути, систем энергоснабжения, сигнализации и связи.

В этой связи дуги графа, соответствующие секциям путей между операционными точками (преимущественно перегоны или их части) предлагается описывать как

$$e = \{v_n, v_k, d, m, \mathbf{k}, \mathbf{p}_o, \mathbf{p}_n, \mathbf{p}_e, \mathbf{p}_c, \mathbf{O}_n, \mathbf{C}\},$$

где v_n, v_k – соответственно начальная и вершины дуги;

d – дирекция, которой принадлежит перегон;

m – диспетчерский участок, управляющий движением на перегоне;

$\mathbf{p}_o, \mathbf{p}_n, \mathbf{p}_e, \mathbf{p}_c$ – соответственно характеристики перегона общие, пути, систем энергоснабжения и сигнализации и связи.

\mathbf{O}_n – характеристики остановочных пунктов на перегоне;

\mathbf{C} – характеристика устройств дистанционного контроля подвижного состава.

К общим характеристикам перегона относятся его длина, пикеты начала и конца перегона, число путей, ширина колеи, специализация линии, максимальная допустимая нагрузка на ось, габарит, максимально допустимая скорость поезда, отметки о возможности пропуска вагонов с опасными и негабаритными грузами, наличие подталкивающих локомотивов. К характеристикам пути перегона относятся максимальный уклон в четном и нечетном направлениях, минимальный радиус кривой. К характеристикам устройств энергоснабжения относятся тип тяги и параметры тока в контактной сети, разрешение на рекуперативное торможение.

К характеристикам систем сигнализации и связи относятся их типы.

Остановочные пункты на перегонах характеризуются положением относительно начала перегона, длиной и высотой платформы, а также перечнем пассажирских операций, выполняемых на остановочном пункте.

Информация, с описанием перегонов настоящее время преимущественно содержится в технических документах служб пути, энергоснабжения, автоматики, телемеханики и связи, приказах начальников железных дорог о порядке пропуска негабаритных грузов.

Результаты

Учитывая то, что железнодорожная инфраструктура представляет собой сложный комплекс взаимосвязанных объектов, технические

характеристики которых изменяются во времени, то для ее описания целесообразно использовать методы баз данных.

Схема данных описания инфраструктуры дирекции железнодорожных перевозок представлена на рис. 1.

Для демонстрации разработанных методов описания железнодорожной инфраструктуры разработан усовершенствованный технологический процесс работы Львовской дирекции железнодорожных перевозок.

В последующем по аналогии DB Netze [3] на основании представленной базы данных может быть разработана интерактивная карта, которая позволит перевозчикам получать информацию об магистральной инфраструктуре в открытом доступе через интернет.

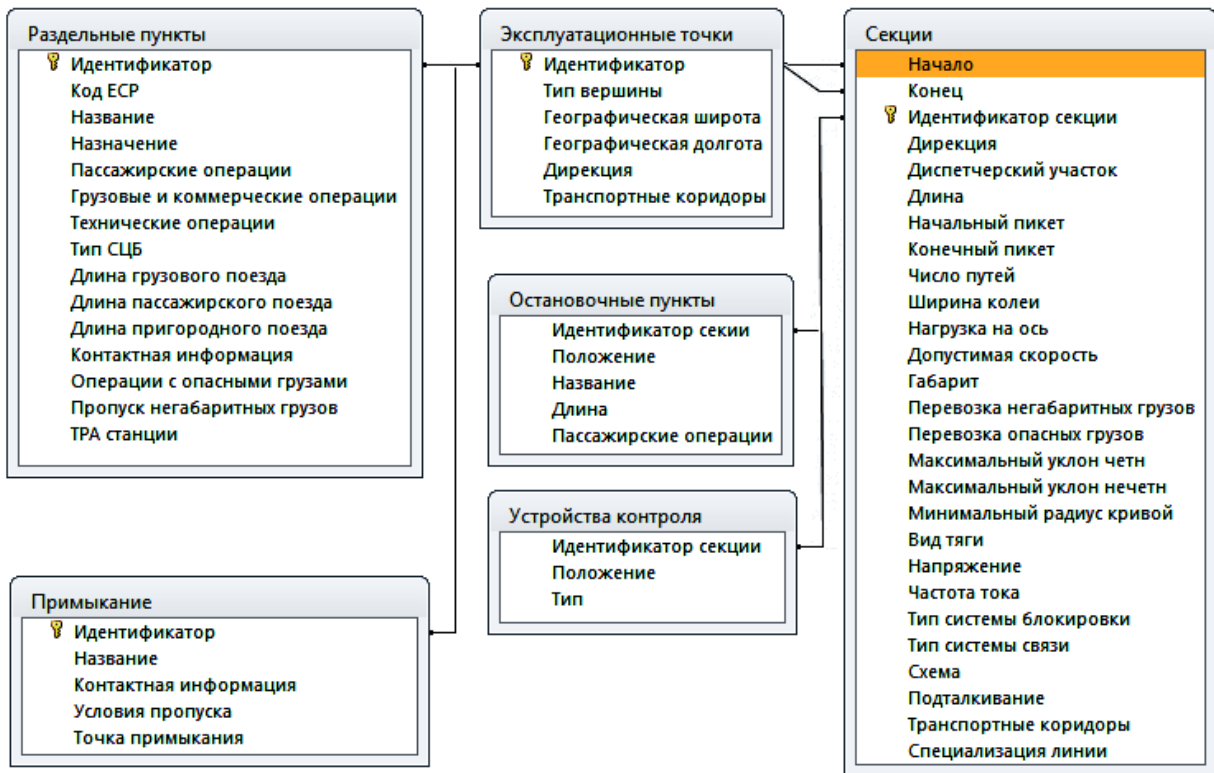


Рис. 1. Схема данных описания инфраструктуры дирекции железнодорожных перевозок

Научная новизна и практическая значимость

Научная новизна работы состоит в совершенствовании методов описания железнодорожной инфраструктуры для возможности организации перевозок независимыми перевозчиками на магистральной железнодорожной сети.

Практическая значимость полученных результатов состоит в том, что представленное описание приближает описание инфраструктуры украинских железных дорог к описанию

инфраструктуры железных дорог ЕС и позволяет в будущем упростить переход на европейскую нормативную базу.

Выводы

Выполненные исследования позволяют сделать следующие выводы.

1. Изменение в соответствии с требованиями Европейского Союза законодательства Украины, регулирующего деятельность железнодорожного транспорта вызовет необходи-

мость изменения технических и технологических документов, связанных с выполнением железнодорожных перевозок. В частности менеджер инфраструктуры должен будет информировать перевозчиков о технических возможностях железнодорожной сети и услугах, предоставляемых им.

2. В настоящее время обобщенное описание эксплуатационных характеристик железнодорожной инфраструктуры имеется только для уровня станций. Описание инфраструктуры более крупных подразделений железнодорожного транспорта частично обобщено в технологических процессах дирекций железнодорожных перевозок и железных дорог, а преимущественно содержится в документах хозяйствующих служб.

3. Разработаны предложения по совершенствованию структуры технологических процессов дирекций железнодорожных перевозок, приближающие объем содержащейся в них информации к требованиям Европейского Союза, выдвигаемым к описанию железнодорожной сети. Разработана также структура базы данных, на основании которой может быть создана интерактивная карта для информирования перевозчиков о технических характеристиках магистральной железнодорожной инфраструктуры и об услугах, предоставляемых ее менеджером.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Про Загальнодержавну програму адаптації законодавства України до законодавства Європейського Союзу. [Електронний ресурс] : завт. : Закон України 18.03.2004 р. № 1629-IV. – Режим доступу : <http://zakon1.rada.gov.ua/laws/show/1629-15>.

2. Козаченко, Д. Н. Проблемы использования частных локомотивов для выполнения перевозок на магистральном железнодорожном транспорте [Текст] / Д. Н. Козаченко, Р. В. Вернигора, Н. И. Березовый // Транспортні системи та технології перевезень : Зб. наук. праць Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Дніпропетровськ, 2012. – № 3. – С. 40-46.

3. Пшінько, О. М. Дослідження вимог Європейського Союзу щодо опису залізничної інфраструктури [Текст] / О. М. Пшінько, С. В. Мямлін, Д. М. Козаченко, В. С. Алейник, І. І. Тревогін // Українські залізниці. – 2015. – № 5-6(23-24). – С. 40-45.

4. Про розподілення пропускнуої спроможності залізничної інфраструктури та стягнення зборів за

користування залізничною інфраструктурою. [Електронний ресурс] : Директива 2001/14/ЄС 26.02.2001 року. – Режим доступу : <http://www.minjust.gov.ua/file/32884>.

5. Directive 2012/34/EU of the European Parliament and of the Council of 21 November 2012 Establishing a single European railway area: станом на 14. гру. 12. Official Journal of the European Union [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2012:343:0032:0077:EN:PDF>.

6. Про оперативну сумісність залізничних систем у межах Співтовариства [Електронний ресурс] : Директива 2008/57/ЄС 17.06.2008 року. Переклад на українську. – Режим доступу : <http://www.minjust.gov.ua/file/33403>.

7. Register of Infrastructure: Final Report [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.era.europa.eu/Document-Register/Documents/IU-Recommendation on specification of RINF-Final Report.pdf>.

8. Тарифное руководство № 4 железных дорог Украины [Текст] – Киев: Логос, 2001. – 403 с.

9. Вохминцев, С. В. Концепция информационного обеспечения железнодорожного транспорта [Текст] / С. В. Вохминцев, Р. В. Семчук, А. Ю. Гуль // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2011. – № 4. – С. 129-133.

10. Скалозуб, В. В. Интеллектуальные транспортные системы железнодорожного транспорта (основы инновационных технологий) [Текст] : пособие / В. В. Скалозуб, В. П. Соловьев, И. В. Жуковичкий, К. В. Гончаров. – Днепропетровск: ДНУЗТ, 2013. – 207 с.

11. Линник, Г. О. Шляхи удосконалення системи управління станом штучних споруд на залізницях України [Текст] / Г. О. Линник, В. І. Соломка // Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика : Зб. наук. праць Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Дніпропетровськ: ДНУЗТ, 2012. – Вип. 3. – С. 106-110.

12. Верлан, А. И. Совершенствование методов технико-экономической оценки эффективности перевозок грузов отправительскими маршрутами [Текст] / А. И. Верлан, Е. П. Пинчук, И. Л. Журавель // Транспортні системи та технології перевезень : Зб. наук. праць Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Дніпропетровськ, ДНУЗТ, 2012. – № 4 – С. 10-14.

Стаття рекомендована до публікації д.т.н., проф. Лаврухіним. А.В. (Україна)

Поступила в редколлегию 18.05.2015.

Принята к печати 19.05.2015.