

**научно-технический  
информационно-  
аналитический  
журнал**

# **Современные проблемы транспортного комплекса России**

**инфраструктура • логистика • технология • организация  
управление • экономика • техника • методология**

- ДТП на трамвайных путях  
Екатеринбурга
- устройства идентификации  
подвижного состава
- повышение пропускной  
способности  
железнодорожных станций
- конфигурирование цепей  
поставок
- логистика производственного  
планирования холдинга
- проблемы внутризаводских  
перевозок
- аварийность на  
железнодорожных переездах
- организация безопасного  
движения транспорта в  
карьере
- перспективы дизель-поездов
- надежность путевых машин
- комбинированные испытания  
микропроцессорной  
централизации



**№ 5  
2014**

**Modern Problems  
of Russian Transport Complex  
Scientific Journal**

# Современные проблемы *ТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСА* России

№5 2014 г.

Журнал входит в базы данных Российского индекса научного цитирования (РИНЦ).

Электронная версия журнала размещается на:

- сетевом ресурсе Научной Электронной Библиотеки (НЭБ) – <http://elibrary.ru>;
- сайте журнала – <http://transcience.ru>;
- странице журнала на официальном сайте Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова – <http://magtu.ru> (раздел «Периодические издания»);
- странице журнала на официальном сайте кафедры промышленного транспорта Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова – <http://logintra.ru>.

Издается с 2011 года

## Редакционный совет

**В.В. Багинова** – проф., Московский государственный университет путей сообщения, д-р техн. наук;

**Т.П. Воскресенская** – проф., Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, д-р техн. наук;

**Е.П. Дудкин** – проф., Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра-I, д-р техн. наук;

**С.Н. Корнилов** – проф., Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, д-р техн. наук;

**А.Т. Попов** – доц., Липецкий государственный технический университет, канд. техн. наук;

**В.М. Сай** – проф., Уральский государственный университет путей сообщения, г. Екатеринбург, д-р техн. наук.

## Главный редактор

**А.Н. Рахмангулов** – проф., Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, доц., д-р техн. наук.

## Зам. главного редактора

**Н.А. Осинцев** – зам. директора института горного дела и транспорта Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова, доц., канд. техн. наук.

## Ответственные секретари

**О.А. Копылова;**

**Д.С. Муравьев.**

**Редактор:** Л.В. Остапченко.

© ФГБОУ ВПО «МГТУ», 2014

Учредитель – Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. (455000, Челябинская обл., г. Магнитогорск, пр. Ленина, д. 38).

16+, в соответствии с Федеральным Законом от 29.12.10. №436-ФЗ.

## Адрес редакции:

455000, г. Магнитогорск, пр. Ленина, 38

Тел.: (3519) 29-85-16

URL: <http://www.transcience.ru>

E-mail: [ran@logintra.ru](mailto:ran@logintra.ru); [ran@magtu.ru](mailto:ran@magtu.ru)

Отпечатан на полиграфическом участке МГТУ им. Г.И. Носова  
Подписано к печати 30.12.2014.

Заказ 358. Тираж 500 экз. Цена свободная.

# Modern Problems of Russian *Transport Complex*

№5 2014

Online versions of the journal can be found in the:

- Scientific Electronic Library – <http://elibrary.ru>;
- journal web-site – <http://transcience.ru>;
- journal page on the official web-site of Nosov Magnitogorsk State Technical University – <http://magtu.ru> (section «Periodical»);
- journal page on the official web-site of «Industrial Transport» department of Nosov Magnitogorsk State Technical University – <http://logintra.ru>.

PUBLISHED SINCE 2011

## Editorial Board Members

**V.V. Baginova** – D.Sc., Prof., Moscow State University of Railway Engineering;

**T.P. Voskresenskaya** – D.Sc., Prof., Siberian State Industrial University, Novokuznetsk;

**E.P. Dudkin** – D.Sc., Prof., Petersburg State Transport University;

**S.N. Kornilov** – D.Sc., Prof., Nosov Magnitogorsk State Technical University;

**A.T. Popov** – Ph.D., assoc. prof., Lipetsk State Technical University;

**V.M. Say** – D.Sc., Prof., Ural State University of Railway Transport, Yekaterinburg.

## Editor-in-chief:

**A.N. Rakhmangulov** – D.Sc., Prof., Nosov Magnitogorsk State Technical University.

## First deputy chief editor:

**N.A. Osintsev** – Ph.D., Assoc. Prof., Vice-Director of Mining Engineering and Transport Institute, Nosov Magnitogorsk State Technical University.

## Executive editors:

**O.A. Kopylova;**  
**D.S. Muravev.**

**Editor:** *L.V. Ostapchenko*

© Federal state budgetary institution of higher professional education  
«Nosov Magnitogorsk State Technical University», 2014

Founder – State Educational Institution «Nosov Magnitogorsk State Technical University»  
(455000, Chelyabinsk Region, Magnitogorsk, Lenin prospect, 38)

16+ in accordance with the Federal Law 29.12.10. №436-FL

## Editorship address:

455000, Russia, Magnitogorsk, Lenin prospect, 38

Phone number: (3519) 29-85-16.

URL: <http://www.transcience.ru>

E-mail: [ran@logintra.ru](mailto:ran@logintra.ru); [ran@magtu.ru](mailto:ran@magtu.ru)

Printed in the Printing NMSTU Area

Signed for press 2014.12.30.

Order 358. Circulation – 500 items. Free of charge.

## СОДЕРЖАНИЕ

### Транспортная инфраструктура

- Цариков А.А., Обухова Н.А.* Оценка пространственного развития и загруженности улично-дорожной сети города Нижний Тагил ..... 4
- Цариков А.А.* Анализ дорожно-транспортных происшествий на трамвайных путях города Екатеринбурга ..... 7
- Варжина К.М., Корнилов С.Н.* Выбор направлений повышения пропускной способности железнодорожных станций в условиях усложнения структуры вагонопотоков ..... 12
- Рахмангулов А.Н., Корнилов С.Н., Антонов А.Н.* Выбор устройств идентификации и позиционирования железнодорожного подвижного состава для условий металлургических предприятий ..... 16

### Логистика

- Кайгородцев А.А.* Адаптация метода анализа иерархий к решению проблемы конфигурирования цепей поставок ..... 21
- Песин А.М., Баскакова Н.Т., Якобсон З.В.* Логистика производственного планирования холдинга ..... 26

### Технология и организация перевозок

- Попов А.Т., Воронина О.В.* Проблемы существующей организации внутризаводских перевозок в условиях металлургического комбината ... 29
- Платов А.А.* Анализ аварийности и причин возникновения транспортных происшествий на железнодорожных переездах ..... 38
- Бурмистров К.В., Шакиахаев А.Н., Осинцев Н.А., Бурмистрова И.С.* Влияние ширины транспортной бермы на технико-экономические показатели карьера . 42
- Кравчук Т.С., Пыталев И.А.* Организация безопасного движения транспорта в карьере «Джусинский» в период его доработки ..... 46
- Корнилов С.Н., Корнилова М.М.* Методика обработки информации для анализа работы грузовых станций ОАО «РЖД» ..... 49

### Техника транспорта

- Кулагин Д.А.* Перспективы создания современных дизель-поездов в странах евразийского пространства .. 56
- Фокин С.В., Бунаков П.Ю.* Надежность работы железнодорожных путевых машин: проблемы и пути решения ..... 57

### Методология транспортной науки

- Камeneв А.Ю.* Достоверность методов комбинированных испытаний системы микропроцессорной централизации железнодорожных станций ..... 61
- Якупов А.М.* О природе опасности и безопасности, формах их проявления и «зонах живучести» систем .... 67

Сведения об авторах ..... 74

Требования к статьям, принимаемым к публикации .. 75

## CONTENTS

### Transport Infrastructure

- Tsarikov A.A., Obukhova N.A.* Assessment of spatial development and functioning capacity of road network of the Nizhny Tagil city ..... 4
- Tsarikov A.A.* Road traffic accidents analysis on the tram tracks of the Ekaterinburg city ..... 7
- Varzhina K.M., Kornilov S.N.* Directions choosing of bandwidth capacity increasing of railway stations in the conditions of traffic volumes structure complication ..... 12
- Rakhmangulov A.N., Kornilov S.N., Antonov A.N.* Device selection for identification and positioning of railcars for industrial environments ..... 16

### Logistics

- Kajgorodcev A.A.* Adaptation method of hierarchy analysis with the problem of supply chain configuration.... 21
- Pesin A.M., Baskakova N.T., Yakobson Z. V.* Logistics of holding production planning ..... 26

### Technology and Organization of Transportation

- Popov A. T., Voronina O.V.* Current organization problems of internal transportation in iron and steel works conditions ..... 29
- Platov A.A.* Accident rate analysis and causes of traffic accidents at railroad crossing ..... 38
- Burmistrov K.V., Shakshakpaev A.N., Osintsev N.A., Burmistrova I.S.* Width influence of transport berm to the technical and economic indicators of quarry ..... 42
- Kravchuk T.S., Pytalev I.A.* Driving safety organization of traffic in quarry «Jusinskiy» during his modification .... 46
- Kornilov S.N., Kornilova M.M.* Information processing methods for analysis of freight station working of JSC «Russian Railways» ..... 49

### Transport Technics

- Kulagin D.A.* Prospects of modern diesel trains creation in the countries of the eurasian space ..... 53
- Fokin S.V., Bunakov P.Y.* Reliability of railway travelling machines operation: problems and solutions ..... 57

### Methodology of Transport Science

- Kamenev A.Y.* Reliability of combined proofs methods of microprocessor interlocking system of railway stations ..... 61
- Yakupov A.M.* About danger and safety nature, forms of their emergency and «zones of systems survivability» ..... 67

# ТРАНСПОРТНАЯ ИНФРАСТРУКТУРА

УДК 656.11

Цариков А.А., Обухова Н.А.

## ОЦЕНКА ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАЗВИТИЯ И ЗАГРУЖЕННОСТИ УЛИЧНО-ДОРОЖНОЙ СЕТИ ГОРОДА НИЖНИЙ ТАГИЛ

**Аннотация.** В статье проведена оценка пространственного развития магистральной улично-дорожной сети города Нижний Тагил, а также загруженности сети транспортными потоками в расчёте на одну магистраль и одну полосу движения.

**Ключевые слова:** улично-дорожная сеть, транспортный поток.

Город Нижний Тагил – важнейший промышленный центр Урала с населением 360 тысяч человек. По объёму отгруженных товаров собственного производства Нижний Тагил занимает одно из первых мест на среднем Урале.

На современном этапе развития улично-дорожная сеть города Нижнего Тагила составляет 480 км, в том, числе магистральная сеть – 101.3 км. Плотность улично-дорожной сети (УДС) на застроенной территории площадью 215.6 км<sup>2</sup> составляет 2220 м/км<sup>2</sup> [1].

Согласно нормам [2] плотность сети магистральных улиц и дорог на расчётный срок должна приниматься в пределах 2200-2400 м/км<sup>2</sup> территории городской застройки. Таким образом, существующая плотность улично-дорожной сети города Нижний Тагил соответствует нормативным рекомендациям.

Вместе с этим необходимо отметить, что протяжённость и плотность сети по районам города значительно отличается. Наибольшую плотность улично-дорожной сети имеет центральная часть города, по мере удаления от центра плотность меняется как в большую, так и в меньшую сторону. Возникает задача проверки соответствия плотности улично-дорожной сети нормативным рекомендациям по отдельным районам.

Для пространственной оценки развития улично-дорожной сети города Нижний Тагил на карту города нанесены окружности с интервалом 1 км, при этом центром всех окружностей примем «логический центр радиации» города (рис.1). Затем для каждой зоны удалённости от центра произведём расчёт протяжённости улично-дорожной сети, отдельно в километрах и километро-полосах. Оценка развития улично-дорожной сети по двум параметрам необходима вследствие различия количества полос на различных магистралях города.

Данный метод анализа был впервые применён А.Эртелем для оценки развития трамвайной сети городов Европы и США в 1921 году [3]. Совершенство методики Эртеля, специалисты Советской школы Поляков А.А. и Шереметьевский М.П. провели в

1928 году подобный анализ трамвайной сети для города Москвы применительно к 1914 и 1926 годам [4].

Позже, в 70-е и 80-е годы подобная методика использовалась Поляковым А.А. и Ваксманом С.А. для характеристики показателей работы городского общественного транспорта и для определения закономерностей движения транспортных потоков [5,6,7,8,9,10].

Стоит отметить, что площадь каждой зоны растёт по мере удаления от центра. При этом протяжённость улично-дорожной сети в каждой из зон будет различной. В связи с этим, для оценки развития улично-дорожной сети города Нижний Тагил предлагается делить протяжённость сети каждой километровой зоны на её площадь. В результате определяется плотность улично-дорожной сети на единицу площади соответствующей зоны (рис. 2, 3)

$$P_i = L_{i,сети} / S_i, \quad (1)$$

где  $P_i$  – плотность улично-дорожной сети на  $i$ -й

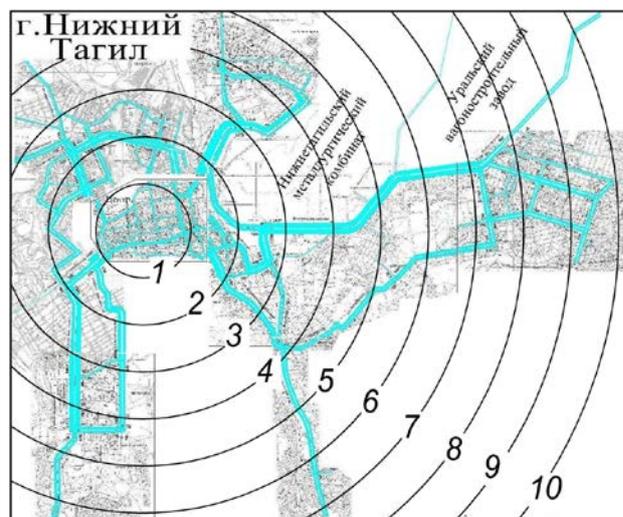


Рис. 1. Схема улично-дорожной сети города Нижний Тагил с нанесёнными километровыми зонами

километровой зоне, км/км<sup>2</sup>;  $L_{i\text{сети}}$  – протяжённость улично-дорожной сети  $i$ -й зоны, км (в случае расчёта протяжённости сети в километро-полосах, используется км-пол.);  $S_i$  – площадь  $i$ -й зоны, км<sup>2</sup>.

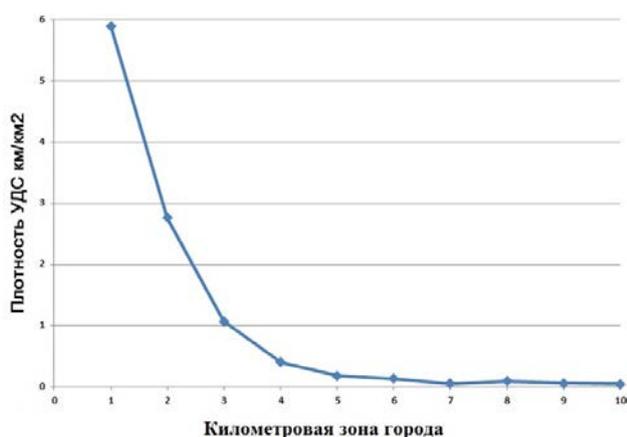


Рис. 2. Изменение плотности улично-дорожной сети г. Нижний Тагил в зависимости от километровой зоны

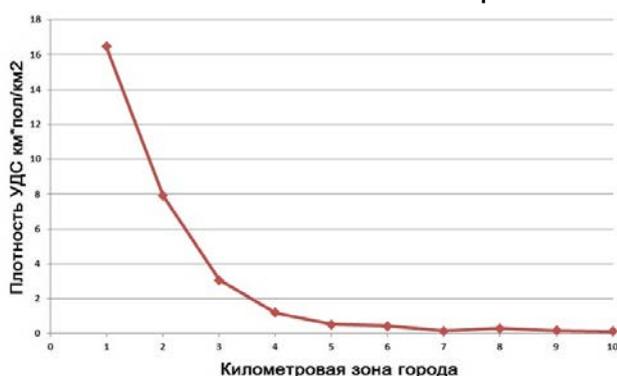


Рис. 3. Изменение плотности улично-дорожной сети г. Нижний Тагил в километро-полосах в зависимости от километровой зоны

Как видно из графиков на рис.2, 3, плотность улично-дорожной сети города Нижний Тагил имеет значительные различия по зонам города. Если в центральной части города плотность сети составляет от 5.9 и 2.76 км/км<sup>2</sup>, соответственно для 1 и 2 зоны, то срединные районы города имеют плотность 0.2 – 1 км/км<sup>2</sup>, что значительно меньше, чем в центральных зонах.

Периферийные районы имеют ещё меньшую плотность, чем центральные и срединные районы – менее 0.1 км/км<sup>2</sup>. Причины столь значительного различия плотности сети по зонам удаления от центра объясняются структурой освоения территории города. Центральная часть города освоена практически полностью, исключения составляют территории естественных природных преград (реки, пруд и т.д.). Срединная часть города также имеет высокую долю освоения территории, но к площадям, на которых невозможно (ограничено) развитие улично-дорожной сети по причине природных преград, добавляются также территории промышленных предприятий.

Кроме того, протяжённость магистральной сети в срединной зоне объективно снижается, растут расстояния между параллельными магистралями. В связи с этим плотность сети в срединной части города резко уменьшается.

В периферийной части города, наряду с естественными преградами и территориями промышленных предприятий, существует ряд неосвоенных территорий. Так, например, в восточной части города, где располагается «УралВагонЗавод» и жилой район «Дзержинский», процент освоения территории достаточно высокий. Вместе с этим, западный, южный и северный сектора города, находящиеся на таком же удалении от центра (8-10 км), что и жилой район «Дзержинский», практически не освоены. Граница города в этих направлениях находится гораздо ближе к «логическому центру радиации» города – на расстоянии в 7-8 километров.

Таким образом, можно сделать вывод, что оценку плотности улично-дорожной сети необходимо проводить с учётом её освоенности. Особенно это касается периферийной части городов, где доля застроенной территории может быть значительно меньшей, чем в центральной части.

Для оценки загруженности улично-дорожной сети города Нижний Тагил транспортными потоками проведём расчёт интенсивности движения по участкам и зонам города. Для этого выделим отдельные участки сети с различной интенсивностью. Для каждого сектора  $j$ -й километровой зоны просуммируем интенсивность движения (ед./час) прямого  $N_i^{np}$  и обратного  $N_i^{об}$  направлений по выделенным участкам и умножим полученную величину на протяжённость соответствующего участка  $L_i$  (км или км-полосы). Полученную величину (назовём её «площадь транспортного потока»  $S_j$ ) просуммируем для всех участков сети внутри  $j$ -километровой зоны (рис. 4)

$$S_j = L_i \cdot \sum (N_i^{об} + N_i^{np}). \quad (2)$$

Для оценки средней интенсивности движения каждой зоны разделим «площадь транспортного потока»  $j$ -й зоны  $S_j$  на протяжённость сети данной зоны

$$N_j^{cp} = S_j / L_i \quad (3)$$

Результаты расчётов по формуле 3 приведены на рис. 5, 6. Как видно из полученных графиков, самая низкая интенсивность движения наблюдается на магистралях центральной части (1 зона) – 970 ед./час в двух направлениях, а также на пери-

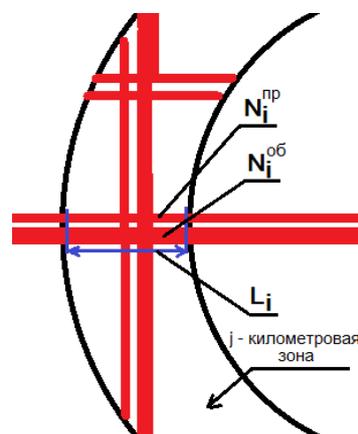


Рис. 4. Схема определения интенсивности движения по зонам

ферии Дзержинского района (8-10 зоны) – 600-950 ед./час. В зонах со 2 по 7 интенсивность движения колеблется с 1100 до 1600 ед./час. Стоит отметить, что максимальная интенсивность движения зафиксирована на магистралях 7 зоны, что объясняется наличием в ней большого числа загородных дорог.

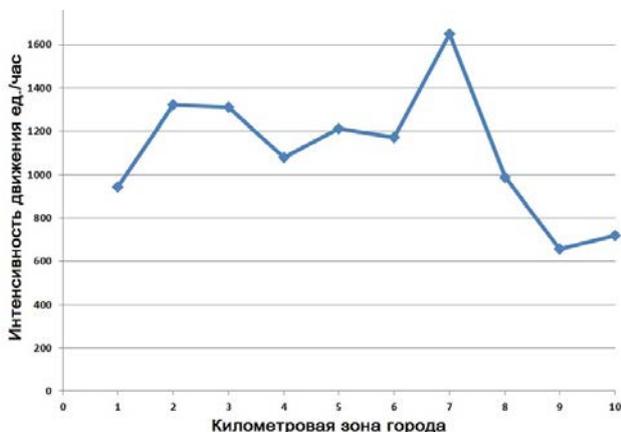


Рис. 5. Изменение средней интенсивности движения по магистральным улицам г. Нижний Тагил в зависимости от километровой зоны

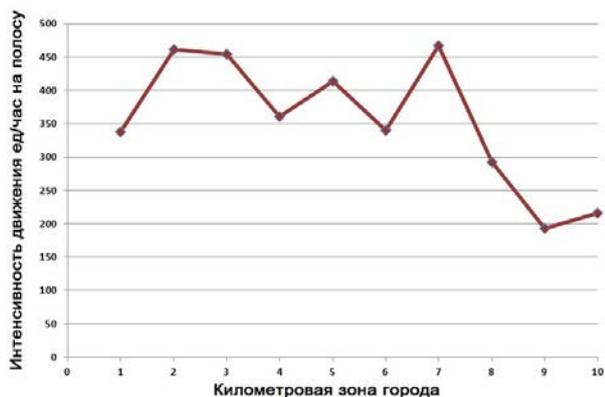


Рис. 6. Изменение средней интенсивности движения в г. Нижний Тагил, в расчёте на одну полосу, в зависимости от километровой зоны

Так как в пространстве города меняется не только протяжённость сети, но и количество полос на этой сети, необходим анализ загрузки сети в расчёте на одну полосу.

Как видно из рис. 6, наибольшая загрузка магистралей наблюдается во 2, 3 и 7 километровых зонах – от 450 до 460 ед./час на одну полосу. Такую загруженность магистралей данных зон можно объяснить следующим. Центральная часть города Нижний Тагил разделена поясом водных преград и железнодорожным полотном, фактически в центр вступают семь магистралей – улицы Челюскинцев, Фрунзе, Мира, Пархоменко, Циолковского, Кулибина, Красногвардейская. При этом транспортные потоки, входящие в центр города, концентрируются на данных магистралях, тем самым увеличивая интенсив-

ность движения. По мере движения в центр, плотность сети возрастает, и транспортные потоки равномерно распределяются по ним. Отсюда 2 и 3 зоны наиболее загружены транспортом, а 1 и 4 зоны, опоясывающие их, менее загружены. 7 зона, как отмечалось выше, загружена по причине наличия загородных автомобильных дорог.

В целом загрузка улично-дорожной сети города Нижний Тагил составляет 350 – 470 ед./час на полосу (кроме 9 и 10 зон в жилом районе), что указывает на необходимость изменения подхода к организации дорожного движения на магистральной сети.

**Выводы.** Для пространственной оценки развития магистральной улично-дорожной сети необходимо использовать методику графического анализа. Одним из эффективных способов оценки развития улично-дорожной сети является способ, основанный на нанесении на схему сети ряда окружностей с шагом в один километр.

Развитие сети необходимо определять по километровым зонам удаления от «логического центра» города. При этом целесообразно использовать оценку протяжённости сети в километрах и километро-полосах. Для уточнения показателей развития улично-дорожной сети и соответствия её нормативным требованиям необходим анализ освоения территории города по зонам.

Для оценки загрузки улично-дорожной сети рекомендуется также использовать способ нанесения окружностей. Данный анализ позволяет оценить среднюю загрузку сети транспортными потоками, в том числе, на одну полосу.

**Список литературы**

1. Генеральный план городского округа «Город Нижний Тагил» Свердловской области применительно к городу Нижний Тагил. Том 4 «Транспорт». URL: <http://ekb4.info/sverdlovsk8/reshenie43.htm> . Дата обращения: 10.05.2014.
2. Руководство по проектированию улиц и дорог. М.: Стройиздат, 1980. 324 с.
3. D. Arthur Ertel, Traffic and buildings in large cities // Electric Railway Journal, August 6, 1921.
4. Поляков А.А., Шереметьевский М.П. Достижения русской и зарубежной техники в области трамвайного дела // Коммунальное хозяйство. 1927. N 11-12, отдельный оттиск «Трамвайный отдел». N 3. С. 22-23.
5. Поляков А.А., Ваксман С.А. Пространственно-временная неравномерность городского движения // Архитектура и транспорт. 1973. С. 161-168.
6. Ваксман С.А. Распределение транспортных потоков в плане города / Материалы III науч.-техн. конф. Уральского политехнического института. Строительный факультет. Секция Градостроительство и архитектура. Свердловск: УПИ, 1970. С. 55-56.
7. Ваксман С.А. Пространственно-статистическая информация о загрузке сети магистральных улиц городов // Городской транспорт и организация городского движения / Тезисы докладов науч.-практ. конф. Свердловск: 1973. С. 193-197.
8. Ваксман С.А., Говоренкова Т.М., Кривошеев Д.П. Пространственно-статистическая информация о загрузке сети магистральных улиц городов // Материалы 3-й междунар. науч.-практ. конф. Екатеринбург: Комвакс, 1996. С. 90-94.
9. Ваксман С.А., Пихлак И.О. Некоторые вопросы исследования загрузки сети магистральных улиц городов // Сб. статей серия А, N 292. «Автомобильные дороги. Автомобильный транспорт» / Тр. Таллинского политехнического института. Таллин: 1970. С. 11-21.
10. Ваксман С.А., Глик Ф.Г., Швеиц В.Л. Транспортное районирование города // Региональная экономика и региональная политика / Сб. науч. тр. Екатеринбург: Изд-во УргЭУ, 1994. С. 180-188.

**Сведения об авторах**

**Цариков Алексей Алексеевич** – канд. техн. наук, доц., ФГБОУ ВПО «Уральский государственный лесотехнический университет» (УГЛТУ), г. Екатеринбург, Россия. Тел.: +7-902-871-20-80. E-mail: Zarikof@mail.ru.

**Обухова Наталья Александровна** – аспирант ФГБОУ ВПО «Уральский государственный лесотехнический университет» (УГЛТУ), г. Екатеринбург, Россия. Тел.: +7-908-916-83-96. E-mail: tasiao@rambler.ru.

**INFORMATION ABOUT THE PAPER IN ENGLISH****ASSESSMENT OF SPATIAL DEVELOPMENT AND FUNCTIONING CAPACITY OF ROAD NETWORK OF THE NIZHNY TAGIL CITY**

**Tsarikov Aleksey Alekseevich** – Ph.D. (Eng.), Associate Professor, Ural State Forest Engineering University, Ekaterinburg, Russia. Phone: +7-902-871-20-80. E-mail: zarikof@mail.ru.

**Obukhova Natalya Aleksandrovna** – Postgraduate Student, Ural State Forest Engineering University, Ekaterinburg, Russia. Phone: +7-908-916-83-96. E-mail: tasiao@rambler.ru.

**Abstract.** The paper assessed the spatial development trunk road network of the city of Nizhny Tagil, and network traffic congestion based on one line and one lane.

**Keywords:** street and road network, traffic flow.

**References**

1. General'nyj plan gorodskogo okruga «Gorod Nizhnij Tagil» Sverdlovskoj oblasti primenitel'no k gorodu Nizhnij Tagil [The «Nijnii Tagil City» urban district general plan in Sverdlovsk region for relation Nijnii Tagil city]. Volume 4 «Transport». [Online]. Available: <http://ekb4.info/sverdlovsk8/reshenie43.htm> [2014, May 10].
2. Rukovodstvo po proektirovaniju ulic i dorog [Instruction for planning streets and ways]. Moscow: Strojizdat, 1980, 324 p.
3. D. Arthur Ertel, Traffic and buildings in large cities // Electric Railway Journal, August 6, 1921.
4. Poljakov A.A., Sheremet'evskij M.P. Dostizhenija russkoj i zagranichnoj tehniki v oblasti tramvajnogo dela [Achievements of Russian and Foreign Engineering in the Field of the Tram Business] // Kommunal'noe hozjajstvo [Communal services]. 1927, no. 11-12, Otdel'nyj ottisk «Tramvajnyj otdel» [Separatum «Tram Department»], no. 3, pp. 22-23.
5. Poljakov A.A., Vaksman S.A. Prostranstvenno-vremennaja neravnomernost' gorodskogo dvizhenija [The urban traffic space-time inhomogeneity] // Arhitektura i transport [Architecture and Transport]. 1973, pp. 161-168.
6. Vaksman S.A. Raspredelenie transportnyh potokov v plane goroda [The Distributions of Traffic Flows in City Plan] / Materialy III nauch.-tehn. konf. Ural'skogo politehnicheskogo instituta. Stroitel'nyj fakul'tet. Sekcija «Gradostroitel'stvo i arhitektura» [Materials of III Scientific & Technical Conference. Ural Polytechnic Institute. Faculty of Building. Town-planning and Architecture section]. Sverdlovsk: UPI, 1970, pp. 55-56.
7. Vaksman S.A. Prostranstvenno-statisticheskaja informacija o zagruzke seti magistral'nyh ulic gorodov [Net workload spatial-statistic information of main streets in the city] // Gorodskoj transport i organizacija gorodskogo dvizhenija [Urban Transport and Urban Traffic Management] / Tezisy dokladov nauch.-prakt. konf. [The Abstracts of III Scientific & Technical Conference]. Sverdlovsk: 1973, pp. 193-197.
8. Vaksman S.A., Govorenkova T.M., Krivosheev D.P. Prostranstvenno-statisticheskaja informacija o zagruzke seti magistral'nyh ulic gorodov [Net workload spatial-statistic information of main streets in the city] // Materialy 3-ej mezhdunar. nauch.-prakt. konf. [Proceeding of III Scientific & Technical Conference]. Ekaterinburg: Komvaks, 1996, pp. 90-94.
9. Vaksman S.A., Pihlak I.O. Nekotorye voprosy issledovanija zagruzki seti magistral'nyh ulic gorodov [Some research questions the net workload of the city main streets] // Sb. statej serija A, no. 292. «Avtomobil'nye dorogi. Avtomobil'nyj transport» [«Highways. Automobile Transport»] / Tallin Polytechnic Institute. Tallin: 1970, pp. 11-21.
10. Vaksman S.A., Glik F.G., Shvec V.L. Transportnoe rajonirovanie goroda [Transport city's zoning] // Regional'naja jekonomika i regional'naja politika [Regional Economics and Regional Policy] / Sb. nauch. tr. [Proceeding]. Ekaterinburg: Izd-vo UrGJeU, 1994, pp. 180-188.

УДК 656.11

**Цариков А.А.**

**АНАЛИЗ ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНЫХ ПРОИСШЕСТВИЙ НА ТРАМВАЙНЫХ ПУТЯХ ГОРОДА ЕКАТЕРИНБУРГА**

**Аннотация.** В статье проведён анализ дорожно-транспортных происшествий на трамвайных путях города Екатеринбурга и выявлены закономерности распределения их в пространстве.

**Ключевые слова:** городской общественный транспорт, трамвайные системы, дорожно-транспортные происшествия.

Рост уровня автомобилизации городов России за последние двадцать лет повлиял на снижение скорости сообщения в городах. Стоит отметить, что в городе Екатеринбурге до 2004 года пассажиропоток общественного транспорта снижался за счёт увеличения доли передвижений на индивидуальном легковом транспорте. После 2004 года в Екатеринбурге наметилась тенденция стабилизации доли передвижений на индивидуальном легковом транспорте по причине перегруженности улично-дорожной сети, при этом доля передвижения на общественном транспорте продолжала снижаться за счёт увеличения доли передвижений пешком.

Город Екатеринбург – компактный современный

город с ярко выраженным центральным ядром. Большая доля мест приложения труда, а также мест культурно-бытового, развлекательного, торгового перемещения расположена в центре.

На данный момент в Екатеринбурге наиболее высокую скорость движения в часы пик имеет метрополитен – около 40 км/час, затем идёт велосипед – 15-16 км/час. Скорость движения трамваев и легковых автомобилей составляет в часы пик около 14 км/час.

Для увеличения доли перевозок городским общественным транспортом, а, по своей сути, это возврат пассажиров, которые ушли на индивидуальный легковой транспорт, а также бывших пассажиров городского общественного транспорта, перешедших

на перемещения пешком, необходим комплекс мероприятий по увеличению качества перевозок. Наиболее важными показателями качества перевозок являются скорость и частота движения пассажирских транспортных средств. Наличие трамвайных путей в одном уровне с пневмоколесными транспортными средствами приводит к конфликту в процессе движения, а иногда к дорожно-транспортным происшествиям (ДТП), которые блокируют движение трамвайных вагонов.

Большое количество дорожно-транспортных происшествий на путях значительно снижает скорость сообщения вагонов и сбивает расписание движения, что уменьшает привлекательность общественного транспорта и объема пассажирских перевозок. Для решения проблемы задержек трамваев на трамвайных путях необходим анализ мест возникновения ДТП.

Для анализа ДТП на трамвайных путях были использованы материалы трамвайно-троллейбусного управления города Екатеринбурга. Данные брались из журнала задержек вагонов по причине аварий на путях за 2012 год. Всего за этот год на трамвайных путях Екатеринбурга произошло 1325 дорожно-транспортных происшествий, которые привели к остановке на некоторое время движения трамваев в одном или нескольких направлениях.

Для пространственного анализа дорожно-транспортных происшествий, нанесём места их возникновения на карту трамвайной сети. Полученная карта мест ДТП на трамвайных путях позволит выявить основные проблемные места (рис. 1). Как видно из рисунка, места ДТП расположены неравномерно по трамвайной сети. Наибольшее количество аварий произошло на совмещённых трамвайных путях, где автомобили беспрепятственно могут заезжать на рельсы.

На данный момент 67% трамвайных путей обособлены и на них произошло 26% всех ДТП за год. Доля совмещённых путей составляет 33%, но на них происходит 74% ДТП. Таким образом, вероятность аварии на совмещённых трамвайных путях в 6 раз выше, чем на обособленных.

Стоит учесть, что аварии на обособленных путях в большей мере происходят на перекрёстках, а на совмещённых путях – на всем их протяжении. Большая доля совмещённых трамвайных путей находится в центральной части города, где наблюдается наибольшая интенсивность движения трамваев и индивидуального транспорта. Эти закономерности также коррелируются с количеством ДТП на трамвайных путях.

Как видно из рис. 2, наиболее аварийными трамвайными улицами являются улица Луначарского, Ленина, 8 Марта, Челюскинцев, Радищева, Гагарина.

Наиболее опасными точками являются трамвайные пути по улице 8 Марта напротив торгово-развлекательного центра «Гринвич», по улице Луначарского напротив «Дом кино». Причиной значительного числа ДТП на трамвайных путях в данных местах является наличие большого количества

автомобилей, которые движутся по рельсам, разворачиваются и поворачивают на трамвайных путях. То есть автомобили, отъезжающие от стоянки «Гринвич», или подъезжающие к ней, при повороте налево должны пересечь 3 полосы движения пневмоколесного транспорта и два трамвайных пути, по которым также могут двигаться автомобили. По сути, при повороте налево необходимо, чтобы автомобиль пропустили транспортные средства, движущиеся по четырём-пяти полосам. Ошибка водителя на одной из полос часто провоцирует ДТП. Кроме того, в данных местах концентрации ДТП наблюдается перегрузка регулируемых узлов, что способствует снижению дисциплины водителей легковых автомобилей.

Также аварийными можно считать участки Луначарского – Н.Воли, Ленина – Гагарина, Луначарского – Энгельса, где ДТП происходят по вине водителей легковых автомобилей, поворачивающих налево с второстепенной улицы на главную, и наоборот.

Для выявления закономерностей распределения ДТП на трамвайных путях по зонам удаления от центра города проведём графический анализ. Для этого нанесём на карту мест ДТП зоны километровой, двухкилометровой и так далее, удалённости от условной центральной точки города. За условную центральную точку принят главпочтамт по проспекту Ленина.

Каждая зона, кроме зоны первого километра, имеет форму кольца. При этом, по мере удаления от центра, увеличивается площадь зоны и изменяется протяжённость трамвайных путей. Данные графического анализа километровых зон представлены на рис. 1.

Для выявления закономерностей распределения ДТП, рассчитаем плотность ДТП на трамвайных путях (ед./км), разделив количество ДТП в каждой зоне на соответствующую протяжённость трамвайной сети

$$P_i = N_{дтпi} / L_{трi}, \quad (1)$$

где  $N_{дтпi}$  – количество дорожно-транспортных происшествий на трамвайных путях  $i$ -й километровой зоны, ед.;  $L_{трi}$  – протяжённость трамвайной сети  $i$ -й километровой зоны, км.

Рассчитаем плотность ДТП на трамвайных путях для всей трамвайной сети, а также для улиц с совмещённым движением и с обособленными путями (рис.3). Кривая плотности ДТП для совмещённых линий находится выше остальных. Для первой километровой зоны этот показатель достигает максимума – 95 случаев на один километр пути в год. По мере удаления от центра (в третьей километровой зоне), плотность ДТП на совмещённых путях снижается до 50, на периферии (5-8 зоны) плотность ДТП снижается до 20-30. Обособленные трамвайные пути отсутствуют в первой километровой зоне, поэтому график изменения плотности ДТП по зонам начинается только со второй зоны. Как и в случае с совмещёнными путями, количество ДТП на обособленных путях снижается по мере удаления от центра.

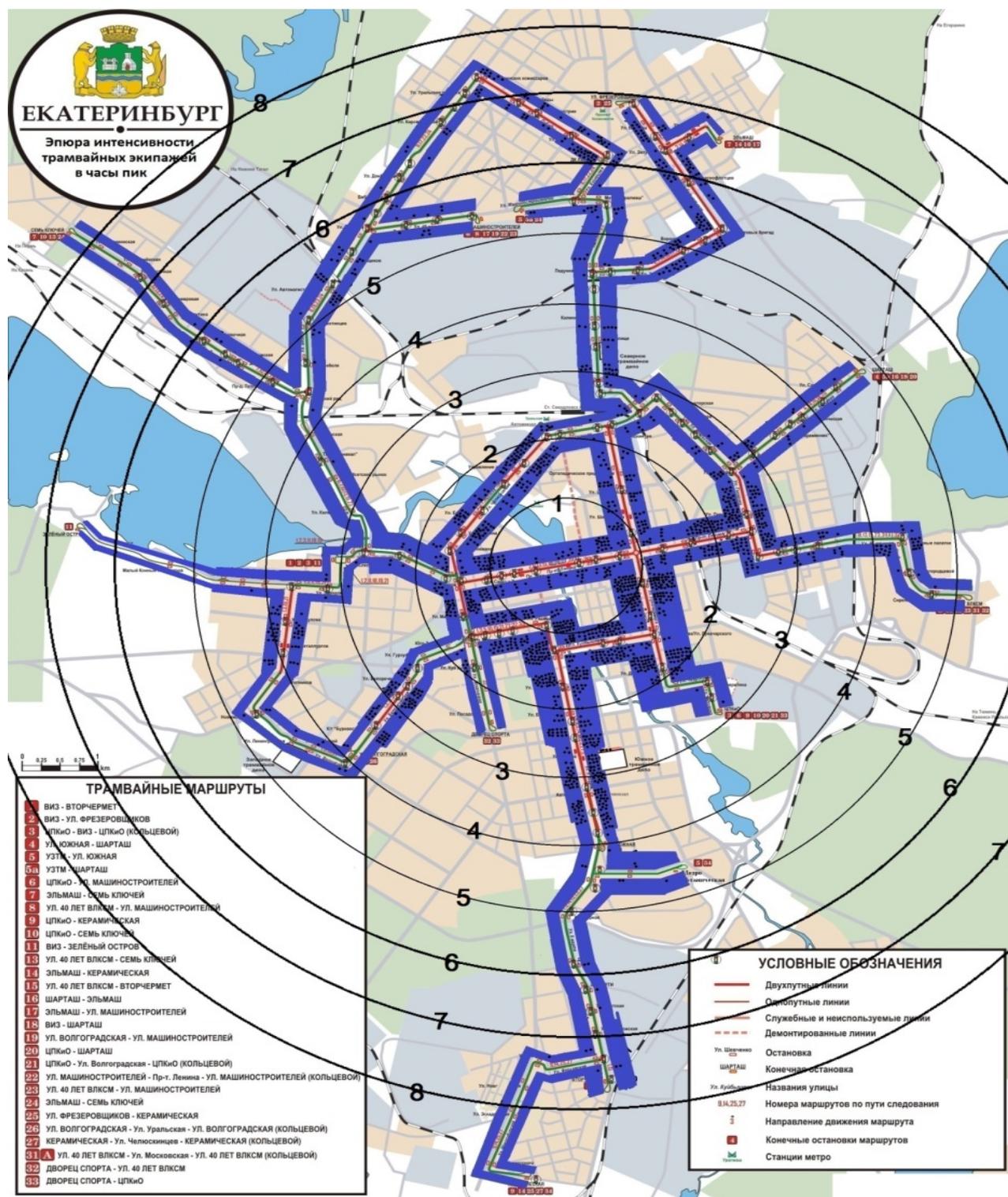


Рис. 1. Схема анализа мест концентрации ДТП на трамвайных путях по зонам удаления от центра города

Плотность ДТП по всей трамвайной сети по мере удаления от центра значительно изменяется. В первой зоне величина плотности ДТП такая же, как и для совмещённых линий. Во второй зоне она несколько снижается, по сравнению с совмещёнными линиями,

и, по мере удаления от центра, становится близкой к значениям этого показателя для обособленных линий. Это связано с увеличением доли обособленных путей в срединных и периферийных районах.

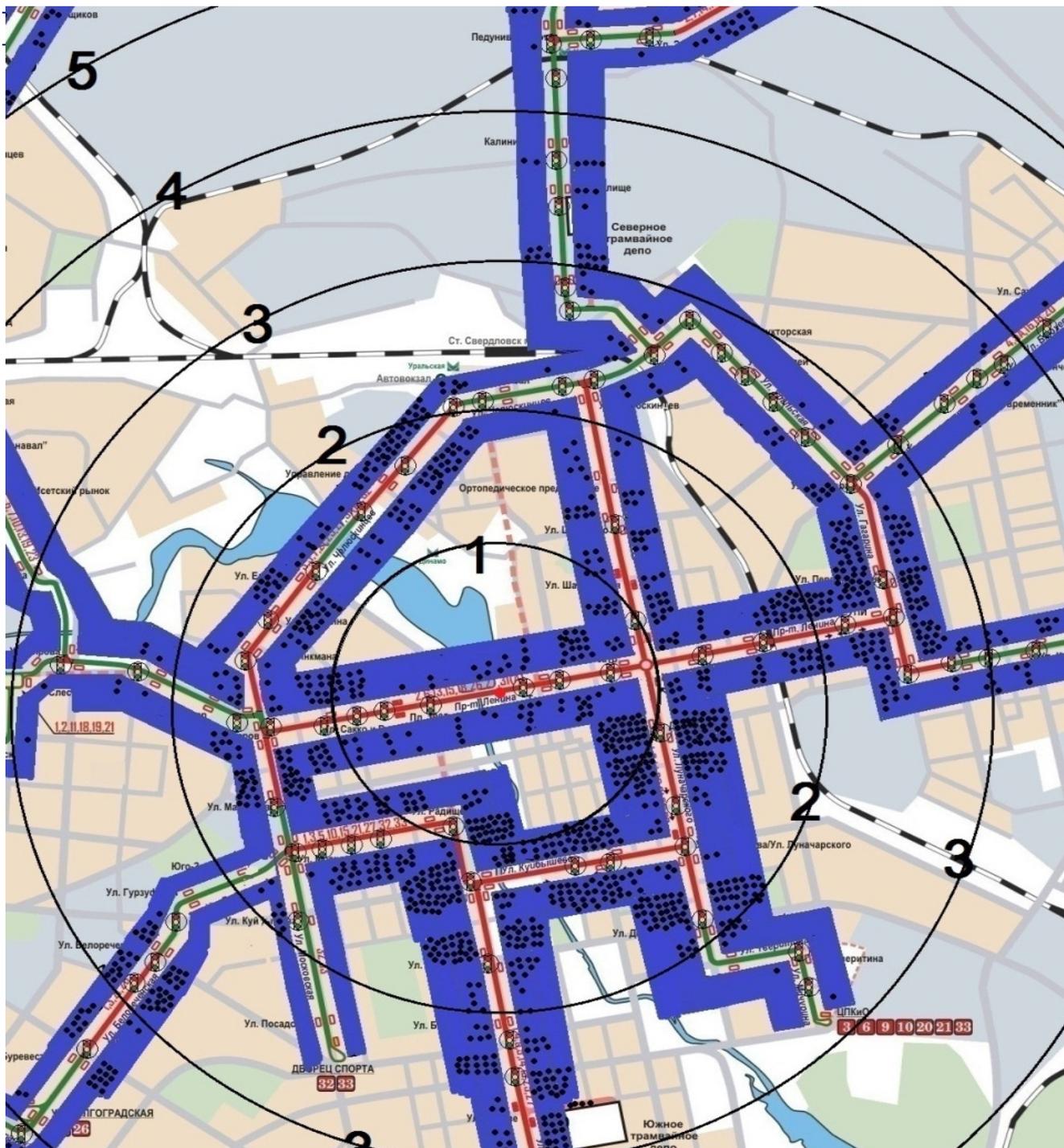


Рис. 2. Схема анализа мест концентрации ДТП на трамвайных путях по зонам удаления от центра города (фрагмент центральной части города)

Поскольку плотность ДТП на совмещённых и обособленных линиях значительно различается, проведём анализ изменения доли ДТП по километровым зонам, приняв за 100% для совмещённой сети плотность ДТП первой километровой зоны, а для обособленных линий – второй зоны. Результаты анализа представлены на рис. 4. Изменение доли плотности ДТП на трамвайных путях, как совмещённых, так и обособленных линиях, по мере удаления от центра города имеет аналогичную закономерность, что и изменение плотности ДТП.

Одним из важнейших показателей качества перевозок городским общественным транспортом является скорость сообщения. На рис. 5 представлены графики изменения скорости сообщения, пассажиропотока (объёма перевозок) и доли ДТП на трамвайных линиях по зонам. Наибольший объём пассажирских перевозок приходится на центральную зону, при этом скорость сообщения трамвая в этой зоне самая низкая, наряду с высокой вероятностью остановки движения по причине возникновения дорожно – транспортного происшествия на трамвайных путях.

В срединной зоне города Екатеринбурга доля обособленных путей возрастает, что является причиной значительного уменьшения количества ДТП и

трамвайные пути. Физическое обособление путей будет препятствовать выполнению опасных маневров водителями легковых автомобилей, а также исключит ряд конфликтных точек. Обособление трамвайных путей может снизить количество ДТП на путях в 6 раз.

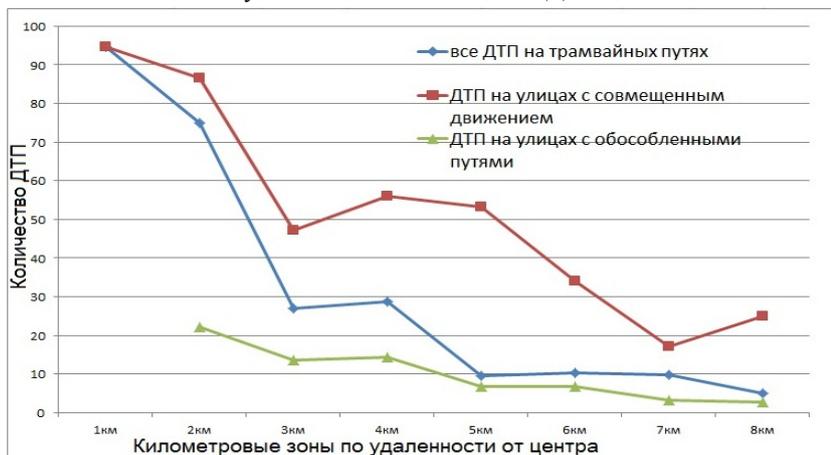


Рис. 3. Изменение плотности ДТП на трамвайных путях Екатеринбурга по зонам удаления от центра города

увеличения скорости сообщения. Стоит отметить, что объем пассажирских перевозок в срединной зоне меньше, по сравнению с центром города.

Периферийную зону отличает самый низкий объем пассажирских перевозок, наименьшая аварийность на трамвайных путях, при скорости сообщения, соизмеримой со скоростью в срединной зоне.

Отсюда можно сделать вывод, что сложившийся пассажиропоток трамвайного транспорта требует решения проблемы повышения скорости сообщения и снижения аварийности в большей мере в центральной зоне города. Для её решения необходимо обособить

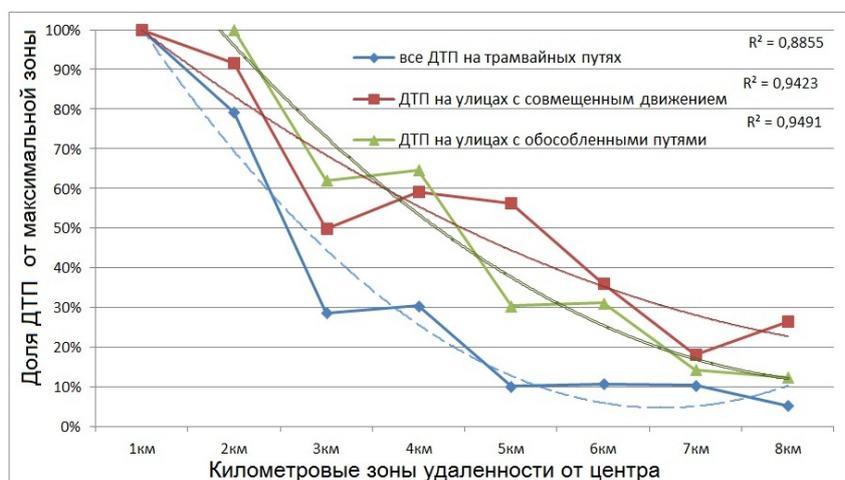


Рис. 4. Изменение доли плотности ДТП на трамвайных путях Екатеринбурга по зонам удаления от центра города

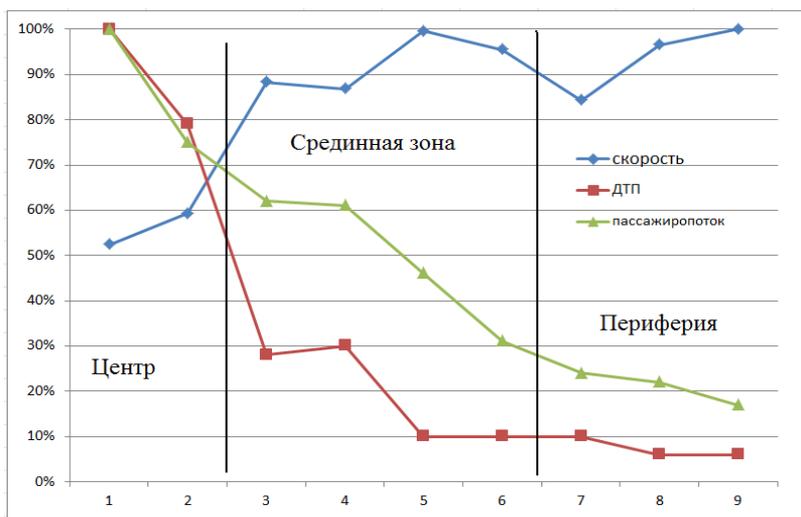


Рис. 5. Изменение доли ДТП, скорости сообщения и объёмов пассажирских трамвайных перевозок по зонам удаления от центра города Екатеринбурга

центральной части города. По мере удаления от центра, количество ДТП на путях и их плотность снижаются

Для значительного снижения количества ДТП на трамвайных путях и повышения привлекательности трамвайных перевозок, необходимо обособить трамвайные пути, например, с использованием бордюров. Данное мероприятие необходимо в первую очередь реализовать на улицах в центре города.

**Список литературы**

1. Поляков А.А., Шереметьевский М.П. Достижения русской и зарубежной техники в области трамвайного дела // Коммунальное хозяйство. 1927. N 11-12, отдельный оттиск «Трамвайный отдел». N 3. С. 22-23.
2. Ваксман С.А., Пихлак И.О. Некоторые вопросы исследования загрузки сети магистральных улиц городов // Сб. статей серия А, N 292. «Автомобильные дороги. Автомобильный транспорт»/ Тр. Таллинского политехнического института. Таллин:1970.С.11-21.

Сведения об авторе

**Цариков Алексей Алексеевич** – канд. техн. наук, доц., ФГБОУ ВПО «Уральский государственный лесотехнический университет» (УГЛТУ), г. Екатеринбург, Россия. Тел.: +7-902-871-20-80. E-mail: Zarikof@mail.ru.

INFORMATION ABOUT THE PAPER IN ENGLISH

ROAD TRAFFIC ACCIDENTS ANALYSIS ON THE TRAM TRACKS OF THE EKATERINBURG CITY

**Tsarikov Aleksey Alekseevich** – Ph.D. (Eng.), Associate Professor, Ural State Forest Engineering University, Ekaterinburg, Russia. Phone: +7-902-871-20-80. E-mail: zarikof@mail.ru.

**Abstract.** The article analyzes the traffic accidents on the tramways, and the regularities of their distribution in space.

**Keywords:** urban public transport, tram system, accidents.

[Communal services]. 1927, no. 11-12, Otdel'nyj ottisk «Tramvajnyj otdel» [Separatum «Tram Department»], no. 3, pp. 22-23.

2. Vaksman S.A., Pihlak I.O. Nekotorye voprosy issledovanija zagruzki seti magistral'nyh ulic gorodov [Some research questions the net workload of the city main streets] // Sb. statej serija A, no. 292. «Avtomobil'nye dorogi. Avtomobil'nyj transport» [«Highways. Automobile Transport»] / Tallin Polytechnic Institute. Tallin: 1970, pp. 11-21.

References

1. Poljakov A.A., Sheremet'evskij M.P. Dostizhenija russoj i zagranichnoj tehniki v oblasti tramvajnogo dela [Achievements of Russian and Foreign Engineering in the field of the tram business] // Kommunal'noe hozjajstvo

УДК 622.013.624.131.43

**Варжина К.М., Корнилов С.Н.**

**ВЫБОР НАПРАВЛЕНИЙ ПОВЫШЕНИЯ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ СТАНЦИЙ В УСЛОВИЯХ УСЛОЖНЕНИЯ СТРУКТУРЫ ВАГОНПОТОКОВ**

**Аннотация.** В статье рассматривается проблема недостатка пропускной способности железнодорожных станций и их высокой загруженности, причиной которой является неравномерность прибытия вагонопотоков. В качестве решения проблемы предлагается использовать метод «структурных технологий». Применение данного метода позволяет анализировать нестандартные ситуации, возникающие у маневровых диспетчеров, и при помощи определённого набора решений переводить их в стандартные. Доказано, что за счёт использования метода структурных технологий появляется возможность снизить неравномерность вагонопотоков, прибывающих на станцию, а так же производить нормирование показателей загруженности станции. Разработана модель оперативного управления работой железнодорожной станции в нестандартных ситуациях, использование которой позволит в наибольшей степени увеличить пропускную способность как отдельных магистральных станций, так и всей сети железных дорог.

**Ключевые слова:** железнодорожный транспорт, железнодорожные станции, загруженность станции, структурная технология, нестандартные ситуации, оптимизация, имитационное моделирование.

Реорганизация ОАО «РЖД», проводимая в последние годы, привела к тому, что вагонный парк был передан предприятиям различных форм собственности. По последним данным, на сегодняшний день насчитываются до 1800 операторов железнодорожного подвижного состава, а на сети железных дорог находятся свыше 1.1 миллиона вагонов, тогда как для перевозки грузов достаточно и 800 тысяч [8].

Одновременно с этим увеличивается удельный вес мелкопартионных отправок, происходит переход от преимущественной перевозки грузов в маршрутных поездах одному грузополучателю к перевозке сборных грузовых партий в сборных поездах большому количеству грузополучателей. Это привело к значительному увеличению объёмов маневровых работ, выполняемых на станциях, а так же увеличению простоев подвижного состава в ожидании обслуживания и подачи-уборки вагонов. Для того, чтобы уменьшить простои на станциях и снизить объёмы маневровых работ, осуществляется реализация движения поездов по твёрдым ниткам графика. На многих участках и направлениях практическая

наполняемость ниток составами поездов не превышает 50%. В результате этого увеличивается время простоев локомотивов, снижается их производительность [9].

Увеличение времени простоев и объёма маневровых работ, снижение производительности локомотивов повлияло на неравномерность вагонопотоков на сети железных дорог России. Неравномерность прибытия вагонопотоков при перевозке грузов оказывает влияние не только на качество транспортного обслуживания грузовладельцев, но и на показатели эксплуатационной деятельности железных дорог. Колебания величины интервала поступления поездов на станции приводят к возникновению межоперационных простоев, неравномерной загрузке маневровых средств, к необходимости создания излишних резервов производственной мощности (пропускной и перерабатывающей способности объектов инфраструктуры и парков подвижного состава), привлечению дополнительного эксплуатационного персонала [1].

В результате всех вышеперечисленных негатив-

ных факторов возникает проблема недостатка пропускной и перерабатывающей способности железнодорожных станций для своевременного осуществления перевозок. Увеличить пропускную и перерабатывающую способность станций возможно при помощи реконструкции путевого развития (строительства новых путей, стрелочных переводов, съездов и т.д.). Данный способ используется наиболее часто, но решение об увеличении числа путей при помощи реконструктивных мероприятий требует значительных капитальных затрат.

Так как проблемы, связанные с неравномерностью прибытия вагонопотоков на станцию, носят, прежде всего, организационный характер и связаны с технологией работы, одним из вариантов решения данной проблемы могут служить «гибкие (структурные) технологии» [3,7]. Под структурной технологией понимается совокупность технологических способов, позволяющих управлять свойствами структуры системы, приближая их к оптимальным в каждом из состояний этой системы. «Такая технология должна предусматривать работу как в нормальных условиях, так и при сниженной пропускной способности из-за различных причин и периодических изменений объёма перевозок» [5].

Применение данных технологий рассматривается в работах Козлова П.А., Александрова А.Э., Трофимова С.В., Рахмангулова А.Н. [3, 6, 7, 10, 11].

На основе анализа данных работ было установлено, что реализация гибких технологий на практике позволит достичь увеличения пропускной способности станций, но данный эффект будет кратковременным, так как временное увеличение пропускной способности в последующий период сопровождается её уменьшением. Этим и объясняется недостаточное применение данного метода на практике.

Для достижения наибольшего эффекта по увеличению пропускной способности необходимо использовать метод структурных технологий в совокупности с поэтапной оптимизацией путевого развития станции. Такую оптимизацию предлагается проводить в четырёх направлениях: параметрическая, функциональная, структурная и системная оптимизации [4].

Целесообразность реализации всех четырёх направлений определяется эффективностью каждого из них. Мероприятия по каждому направлению осуществляются последовательно. Для увеличения эффективности применения рассмотренных направлений оптимизации необходимо использовать дополнительный метод – метод структурных технологий, и применять данный метод целесообразно с параметрической и функциональной направлениями оптимизации.

Регулирование работы станции заключается в перераспределении мощностей между элементами путём изменения технологии работы. Перераспределение мощностей осуществляется при помощи двух существующих технологических способов – за счёт переброса пропускной способности или вмести-

мости транспортных устройств.

Вместимость путевого развития промышленной железнодорожной станции регулируется путём изменения специализации путей. Данный метод осуществляется путём приёма и обработки поездов на путях, закреплённых за другими операциями (грузами, вагонами, назначениями). Особенностью метода является последовательное изменение специализации путей, с последующим восстановлением технологии работы станции. Ограничением применения данного метода может служить нехватка свободных станционных путей для приёма поездов [6].

Для магистральных железнодорожных станций, помимо изменения специализации путей, вместимость путевого развития регулируется путём изменения специализации парков путей. Данный метод осуществляется в результате взаимного изменения специализации парков приёма и отправления: приём поездов в парк отправления; выставление готовых к отправлению составов в парк приёма.

В процессе работы железнодорожной станции возникают такие ситуации, при которых загруженность станции становится больше своего оптимального значения. Данные ситуации не являются стандартными, их решение не прописано в инструкциях и технико-распорядительных актах. Для решения необходима стандартизация подобных ситуаций.

Предлагается следующая классификация ситуаций, возникающих на железнодорожных станциях, по величине использования пропускной способности:

1. работа станции при ненасыщенном вагонопотоке, загруженность < 50%;
2. работа при граничном значении загруженности станции 75-80%;
3. работа при полной загруженности станции (81-100%);
4. работа станции в условиях нехватки пропускной способности и вместимости.

Первая ситуация является стандартной. В данном случае станция работает в своём обычном режиме, все действия осуществляются диспетчером по инструкции, никаких дополнительных мер не требуется.

Ситуации 2-4 – нестандартные. Работа станции усложняется. Для дальнейшей работы необходимы дополнительные меры.

При ситуации 2 загруженность станции достигает своего граничного значения. Для того, чтобы привести данную ситуацию к стандартной, необходимы оптимизационные решения, основанные на структурной технологии [2]. Чтобы снизить загруженность станции рекомендуется предпринять следующие решения, которые условно сгруппируем в «блок А» (см. **рисунок**).

Блок А:

а) переброска переменных средств из одного района работы в другой. К переменным средствам относятся локомотивы, некоторые погрузочно-разгрузочные механизмы. За счёт увеличения количества данных переменных средств удаётся одновременно выполнять несколько операций перевозочного

процесса, что увеличивает пропускную способность элементов станции, на которые осуществляется данная переброска;

б) гибкое использование персонала путём переброски бригад и отдельных работников между участками работы. При загрузенности определённого участка станции одна из бригад работников может быть направлена на данный участок с целью решения проблемы. Так же при постоянных простоях вагонов в парке осмотра целесообразно предусмотреть дополнительную мобильную бригаду осмотрщиков для осуществления технического обслуживания поездов, что позволит сократить задержки в ожидании их обработки и неприёма на станцию;

в) изменение специализации приемо-отправочных путей. Для увеличения вместимости станции возможно осуществление приёма поездов на свободные приемоотправочные пути;

г) возможность занятия ходовых и вытяжных путей. При занятости приемоотправочных путей, приём поездов может осуществляться на ходовые и вытяжные пути станции. Ограничением реализации такого решения является нехватка свободных станционных путей. В некоторых случаях для ожидания составами начала обработки по прибытию используют перегоны и соединительные пути (на железнодорожных путях общего пользования).

В случае, если реализация решений из «блока А» не позволяет уменьшить загрузенность станции, то необходимо переходить к решениям, сгруппированным в «блок Б»:

д) использование свободных концов путей.

Улучшить вместимость станции можно путём подстановки групп вагонов одного из составов на свободные концы путей. Один из составов по окончании обработки по прибытию расставляется на свободные концы путей, что позволяет освободить путь для приёма ещё одного поезда. Ограничением является то, что в общем случае потребуются дополнительные маневровые операции по перестановке вагонов;

е) изменение специализации парков путей.

Если позволяет схема расположения парков путей и конфигурация станции, возможно снизить загрузенность станции за счёт взаимного изменения специализации парков приёма и отправления. Например, объединение двух парков – парка приёма поездов и парка отправления в один приемоотправочный парк позволит увеличить количество вагонов, принимаемых станцией одновременно. Также возможен приём поездов в парк отправления, либо выставление готовых к отправлению составов в парк приёма;

ж) использование грузовых фронтов станции.

Если на станцию в обоих направлениях прибывает большой вагонопоток и все пути приемоотправочного парка заняты, возможно принятие составов на грузовые фронты станции. За счёт этого увеличивается перерабатывающая способность станции.

Применение данных мер должно увеличить пропускную способность загруженного участка и норма-

лизовать работу станции. Ситуация приведена к стандартной, и далее работа диспетчера осуществляется в соответствии с инструкциями.

Если же после принятия всех вышеописанных мер загрузенность продолжает увеличиваться, и достигает максимального значения, применение структурной технологии далее становится не целесообразным. В этом случае необходимо уменьшить подход поездов к данной станции. Для этого диспетчер должен передать часть своих полномочий вышестоящим работникам (дежурному по станции, начальнику участка) с целью внесения изменений, корректировки графика движения поездов и временного уменьшения прибытия вагонов на станцию.

Таким образом, возникающие нестандартные ситуации при работе диспетчера возможно решить при помощи применения способов структурной технологии и привести эти ситуации к стандартным, с имеющимся набором решений.

Для применения вышеописанных стандартных ситуаций и их решений на практике, необходима модель, при помощи которой по показателю загрузенности станции будет возможно определить, какую ситуацию выбрать и какие способы решения принять к реализации.

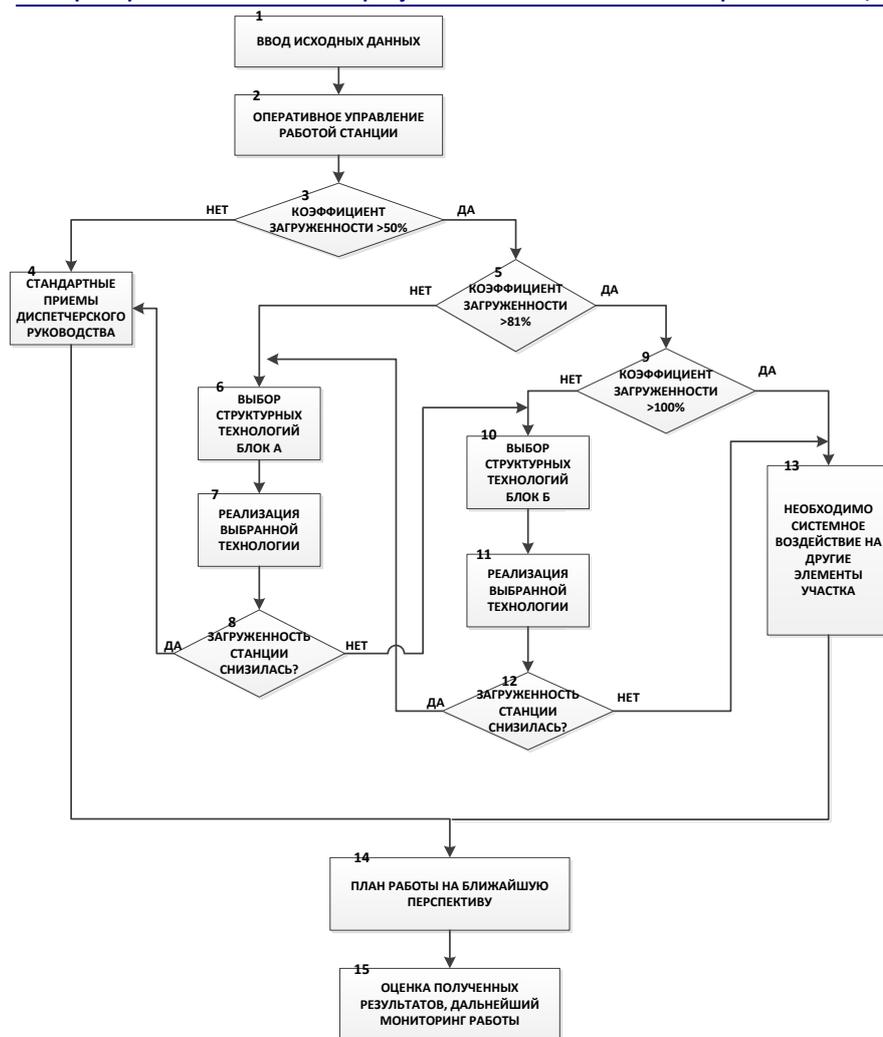
Для построения модели выбран метод имитационного моделирования [4]. Применение модели позволит оперативно подобрать такое действие в сложившейся нестандартной ситуации, которое сократит время принятия диспетчером управленческого решения, повысит производительность работы станции, а так же увеличит её пропускную способность. Укрупненный алгоритм модели представлен на рисунке.

Первый этап – «Ввод исходных данных». На данном этапе вводятся такие показатели, как занятость парков и отдельных путей, резервы пропускной способности, наличие локомотивов на станции и т.п.

Следующий этап – «Оценка степени загрузенности станции». На втором этапе анализируется величина коэффициента загрузенности каждого пути и парка путей для того, чтобы определить набор действий, необходимых для оптимизации работы станции.

Третий этап – логический блок. Если загрузенность станции меньше или равна 50%, ситуация в работе станции является стандартной, дополнительных мер не требуется и осуществляется переход к четвёртому блоку, в котором регулирование работы осуществляется стандартными приёмами диспетчерского руководства.

Если загрузенность станции выше, необходим переход к следующему этапу алгоритма – логическому блоку №5, в котором уточняется величина коэффициента загрузенности станции. Если коэффициент не превышает 81%, необходимо выбрать соответствующие структурные технологии для нормализации нестандартной ситуации на станции. Описанные действия задаются в блоках №№6, 7. К данным структурным технологиям относятся: а) переброска переменных средств из одного района работы в другой; б) использование персонала, как переменное средство;



**Укрупнённый алгоритм выбора способов структурной технологии работы железнодорожной станции**

в) изменение специализации приёмootправочных путей; г) возможность занятия ходовых и вытяжных путей. Если после применения данного набора действий загруженность станции снизилась, то осуществляется переход к стандартным действиям.

Если же коэффициент загруженности не приходит к своему нормальному значению и продолжает расти, необходимо применить иные способы. Данный выбор действий осуществляется в логических блоках № 9, 10,11. К данным способам относятся: в) использование свободных концов путей; г) изменение специализации парков путей; д) использование грузовых фронтов станции. Если после проведения данного набора действий загруженность снизилась – поставленная задача выполнена. При дальнейшем росте величины коэффициента загруженности необходим переход к блоку 13 – «Системное воздействие на другие элементы участка». На данном этапе диспетчер станции должен передать часть своих полномочий вышестоящим работникам (дежурному по станции, начальнику участка) с целью внесения изменений в технологию работы всего участка, в частности, корректировки графика движения поездов и временного уменьшения

прибытия вагонов на станцию.

Последним этапом в данном алгоритме будет оценка результатов и мониторинг работы станции.

Применение разработанной модели позволит справляться с возрастанием загруженности станции и переводить нестандартные ситуации, возникающие в работе станции, в стандартные путём реализации набора как стандартных решений, так и способов структурной технологии. Появляется возможность снизить неравномерность вагонопотоков, прибывающих на станцию, а так же нормализовать загруженность станции. Применение разработанной модели позволит в наибольшей степени увеличить пропускную способность как отдельных магистральных станций, так и всей сети железных дорог.

**Список литературы**

1. Буракова А.В. Неравномерность как свойство транспортного процесса / «Наука и техника XXI века»: материалы междунар. заочной науч.-практ. конф. Новосибирск: Изд.-во «Априори», 2011. 148 с.
2. Гавришев С.Е., Дудкин Е.П., Корнилов С.Н., Рахмангулов А.Н., Трофимов С.В. Транспортная логистика. СПб.: ПГУПС, 2003. 279 с.
3. Козлов П.А. Теоретические основы, организационные формы, методы оптимизации гибкой технологии транспортного обслуживания заводов черной металлургии: автореф. дис. ... докт. техн. наук / МИИТ. М.: МИИТ, 1987. 46 с.
4. Корнилов С.Н., Варжина К.М. Проблемы перевозочного процесса железнодорожного транспорта и возможные способы оптимизации путевого развития станций // Сб. науч. трудов SWorld. 2013. №4. Т.2. С.47-52.
5. Левин Д.Ю. Оптимизация потоков поездов. М.: Транспорт, 1988. 173 с.
6. Рахмангулов А.Н. Методологические основы организации функционирования железнодорожных промышленных транспортно-технологических систем: автореф. дис. ... докт. техн. наук / МИИТ. М.: МИИТ, 2013. 48 с.
7. Трофимов С.В. Научно-методологические основы функционирования и развития промышленных транспортных систем: автореф. дис. ... докт. техн. наук / МИИТ. М.: МИИТ, 2004. 49 с.
8. Хусаинов Ф.И. К вопросу об оптимальном количестве вагонов на сети железных дорог // Материалы к докладу на экспертном совете ФАС 26.03.2014. URL: [http://www.hse.ru/data/2014/04/03/.../doklad\\_husainov\\_fas26032014.pdf](http://www.hse.ru/data/2014/04/03/.../doklad_husainov_fas26032014.pdf). Дата обращения: 01.06.2014.
9. Шапкин И.Н. Организация железнодорожных перевозок на основе информационных технологий: дис. ... докт. техн. наук / МИИТ. М.: МИИТ, 2009. 49 с.
10. Трофимов С.В., Рахмангулов А.Н., Корнилов С.Н. Методы развития систем железнодорожного транспорта в изменяющихся условиях деятельности предприятий. Магнитогорск: МГТУ, 2004. 235 с.
11. Александров А.Э. Расчет и оптимизация транспортных систем с использованием моделей: автореф. дис. ... докт. техн. наук / УрГУПС. Екатеринбург: УрГУПС, 2008. 49 с.

**Сведения об авторах**

**Варжина Кристина Михайловна** – магистрант кафедры «Промышленный транспорт» ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», Россия. Тел.: +7-912-803-09-85. E-mail: kristino4ka-1801@mail.ru.

**Корнилов Сергей Николаевич** – д-р техн. наук, проф., ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», Россия. Тел.: +7-3519-29-85-34. E-mail: kornilov\_sn@mail.ru.

**INFORMATION ABOUT THE PAPER IN ENGLISH**

**DIRECTIONS CHOOSING OF BANDWIDTH CAPACITY INCREASING OF RAILWAY STATIONS IN THE CONDITIONS OF TRAFFIC VOLUMES STRUCTURE COMPLICATION**

**Varzhina Kristina Mikhailovna** – Undergraduate Student, Nosov Magnitogorsk State Technical University, Russia. Phone: +7-912-803-09-85. E-mail: kristino4ka-1801@mail.ru.

**Kornilov Sergey Nikolaevich** – D.Sc. (Eng.), Professor, Nosov Magnitogorsk State Technical University, Russia. Phone: +7-3519-29-85-34. E-mail: kornilov\_sn@mail.ru.

**Abstract.** In article the problem of a lack of throughput of railway stations and their load which reason unevenness of arrival of traffic volumes is considered. As a solution it is offered to use a method of structural technologies. Application of this method allows to solve a number of the non-standard situations arising in front of the manager in operating time and by means of a set of solutions to transfer them to the standard. It is proved that due to use of a method of structural technologies there is an opportunity to cope with unevenness of the traffic volumes arriving to station, and also to normalize an indicator of load of station. The model of application of non-standard situations and solutions to them in practice which use will allow to increase most throughput of both separate trunk stations, and all network of the railroads is developed.

**Keywords:** railway transport, railway stations, load of station, structural technologies, non-standard situations, optimization, imitating modeling.

**References**

1. Burakova A.V. Neravnomernost' kak svoystvo transportnogo processa [Unevenness as property of transport process] / «Nauka i tehnika XXI veka»: materialy mezhdunar. zaochnoj nauch.-prakt. konf. [Science and equipment of the XXI century: Proceeding of international correspondence scientific and practical conference]. Novosibirsk: «Apriori», 2011, 148p.
2. Gavrishchev S.E., Dudkin E.P., Kornilov S.N., Rakhmangulov A.N., Trofimov S.V. Transportnaja logistika. [Transport logistics]. St. Petersburg, 2003, 279 p.
3. Kozlov P.A. Teoreticheskie osnovy, organizacionnye formy, metody optimizacii gibkoj tehnologii transportnogo obsluzhivaniya zavodov chernoj metallurgii: avtoreferat. [Theoretical bases, organizational forms, methods of optimization for flexible technology of metallurgical enterprises transport service: the abstract]. Moscow: MIIT, 1987, 46 p.
4. Kornilov S.N., Varzhina K.M. Problemy perevoznogo processa zheleznodorozhnogo transporta i vozmozhnye sposoby optimizacii putevogo razvitiya stancij [Railway transport process problems and possible ways of optimization the stations development] // Sb. nauch. trudov SWorld [Proceeding SWorld]. 2013, no.4, vol. 2, pp. 47-52.
5. Levin D. Ju. Optimizacija potokov poezdov [Optimization of train flows]. Moscow: Transport, 1988, 173 p.
6. Rakhmangulov A.N. Metodologicheskie osnovy organizacii funkcionirovaniya zheleznodorozhnyh promyshlennyh transportno-tehnologicheskikh sistem: avtoreferat [Methodological basis for organization of functioning of industrial railway transport-technological systems: the abstract]. Moscow: MIIT, 2013, 48 p.
7. Trofimov S.V. Nauchno-metodologicheskie osnovy funkcionirovaniya i razvitiya promyshlennyh transportnyh sistem: avtoreferat [Scientific-methodical bases of functioning and development of industrial transport systems: the abstract]. Moscow: MIIT, 2004, 49 p.
8. Husainov F.I. K voprosu ob optimal'nom kolichestve vagonov na seti zheleznyh dorog [To a question of optimum quantity of railcars on the railroad nets] // Materialy k dokladu na jekspertnom soвете FAS [Materials to the report on advisory council of FAS] 26.03.2014. URL: [http://www.hse.ru/data/2014/04/03/.../doklad\\_husainov\\_fas26032014.pdf](http://www.hse.ru/data/2014/04/03/.../doklad_husainov_fas26032014.pdf) [2014, Setember 18].
9. Shapkin I.N. Organizacija zheleznodorozhnyh perevozok na osnove informacionnyh tehnologij: avtoreferat [Organization of rail transportation on the basis of information technologies: the abstract]. Moscow: MIIT, 2009, 49 p.
10. Trofimov S.V., Rakhmangulov A.N., Kornilov S.N. Metody razvitiya sistem zheleznodorozhnogo transporta v izmenjajushihhsja uslovijah dejatel'nosti predpriyatij [Methods of rail transport systems development in the changing environment of enterprises]. Maorsk: NMSTU, 2004, 235 p.
11. Aleksandrov A.Je. Raschet i optimizacija transportnyh sistem s ispol'zovaniem modelej [Calculation and optimization of transport systems using models]. Ekaterinburg: USURT, 2008, 49 p.

УДК 658.286.2:656.052.14

**Рахмангулов А.Н., Корнилов С.Н., Антонов А.Н.**

**ВЫБОР УСТРОЙСТВ ИДЕНТИФИКАЦИИ И ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА ДЛЯ УСЛОВИЙ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

**Аннотация.** В статье представлен сравнительный анализ технологий систем идентификации и позиционирования железнодорожного подвижного состава с точки зрения эффективности их использования на путях необщего пользования. Представлены основные положения методики этапного оборудования железнодорожных станций и перегонов устройствами идентификации, основанной на комбинировании технического и технологического способов идентификации.

**Ключевые слова:** Системы идентификации и позиционирования, железнодорожный транспорт, грузопотоки, подвижной состав, RFID.

В современных хозяйственных условиях наблюдается снижение регулярности, увеличение неравномерности и усложнение структуры поступающих на предприятия грузо- и вагонопотоков. Предприятия изменили политику создания запасов сырья и готовой продукции. Объем грузов, перевозимых маршрутными поездами, резко сокращается. Изменяется структура составов поездов, поступающих на железнодорожные пути необщего пользования, в том числе, вследствие передачи грузовых вагонов в собственность частным перевозчикам [1]. Для эффективного управления железнодорожными перевозками на промышленных предприятиях необходимо отслеживать движение мощных вагонопотоков, и контролировать отдельные вагоны. Получение в необходимом объеме оперативных данных о местоположении и перемещениях железнодорожного подвижного состава увеличивает эффективность управления эксплуатационной работой, позволяет уменьшить время нахождения частных вагонов на путях необщего пользования и связанные с этим затраты.

Традиционные методы управления перевозочной работой на промышленном железнодорожном транспорте разрабатывались для управления относительно стабильными по мощности и структуре грузопотоками. Использование этих методов в изменившихся условиях привело к значительному увеличению времени простоя вагонов на путях необщего пользования, времени оборота частных вагонов, затруднению контроля сохранности. Принятие управленческих решений усложнилось из-за недостаточного информационного обеспечения перевозочного процесса.

Для повышения эффективности информационного обеспечения при принятии управленческих решений на промышленном железнодорожном транспорте необходимо обеспечить необходимую оперативность сбора данных о местонахождении железнодорожного подвижного состава на путях необщего пользования. Техническим решением данной задачи является внедрение системы идентификации подвижного состава.

Системы идентификации и позиционирования должны обеспечивать: идентификацию контролируемых объектов; оптимальную точность позиционирования; оптимальную периодичность обновления данных. Критериями выбора системы идентификации для нужд производства служат: радиус действия (допустимое расстояние от датчиков до элементов инфраструктуры); помехоустойчивость; устойчивость к влиянию отраженных сигналов; габариты и вес; энергопотребление; электромагнитная совместимость, необходимость получения частотного разрешения; затраты на внедрение и эксплуатацию.

В настоящее время на транспорте и в промышленности применяется несколько систем идентификации, использующих разные технологии и различающихся принципом работы [2,3].

Наибольшее распространение получили следующие группы технологий:

1) локальные системы позиционирования, к которым относятся оптические (в том числе, инфракрасные) и ультразвуковые системы;

2) спутниковые навигационные системы – GPS, ГЛОНАСС, Бэйдоу (BeiDou), Galileo и другие;

3) Технологии радиочастотной идентификации – RFID (Radio Frequency Identification).

Оптические, инфракрасные и ультразвуковые системы имеют небольшой радиус действия. Мобильная метка в системе инфракрасного позиционирования испускает инфракрасные импульсы, которые принимаются элементами системы, имеющими фиксированные координаты. Местонахождение метки рассчитывается по Time-of-flight (ToF) – времени распространения сигнала от источника до приёмника. Точность позиционирования этим методом составляет 10-30 см. Преимущество таких систем состоит в том, что они гарантируют «факт нахождения контролируемого объекта в конкретном помещении» – «room level accuracy», поскольку свет и звук практически не проходят через стены и двери.

Достоинство оптических систем заключается в отсутствии необходимости оборудования транспортных средств дополнительными техническими устройствами. Изображение инвентарного номера вагона, полученное с использованием оптических камер, распознается при помощи программного обеспечения. Для достижения высокой надёжности распознавания номеров транспортных средств необходимо обеспечить достаточный уровень освещённости и отсутствие загрязнений. Технология оптической идентификации в настоящее время широко используется на железнодорожном транспорте в рамках, например, систем «ARSCIS» [4] и «Бастион-Состав» [9].

Достоинство ультразвуковых систем – высочайшая точность позиционирования, достигающая трёх сантиметров. Недостаток метода – чувствительность к помехам от солнечного света, чувствительность к потерям сигнала при наличии (появлении) даже «лёгких» препятствий, к ложным эхо-сигналам и к помехам от источников ультразвука, например, от ультразвуковых дефектоскопов, аппаратов ультразвуковой очистки на производстве. Чтобы исключить эти недостатки, требуется тщательно планировать систему. Применение инфракрасного лазера повышает не только дальность, точность, но и стоимость ультразвуковых систем.

Системы идентификации и позиционирования с использованием спутниковых навигационных систем комбинируются с системами связи (Wi-Fi, Bluetooth, сотовая связь). Портативные спутниковые навигаторы устанавливаются непосредственно на подвижном составе (на локомотиве и на грузах, которые включены в систему контроля положения груза). Необходимая информация о координатах железнодорожных объектов (напольных сигналов выходных и входных светофоров) хранится в едином диспетчерском центре управления и по каналам связи передаётся в систему контроля положения подвижной единицы на станции, прилегающие к перегону.

Таким образом, решается задача не только обеспечения безопасности движения, но и организации единого информационного пространства, соединяющего единый диспетчерский центр управления перевозками и участковые станции. Контроль прибытия поезда в полном составе может быть осуществлён следующими способами:

- применение счётчиков осей;

- применение излучателей на локомотивах и отражателей на хвостовых вагонах;
- системы визуального контроля на малоделятельных участках;
- системы спутникового контроля (на тех же приёмниках навигационной информации, что и локомотивные устройства).

Данные системы позволяют, помимо ускорения работы железнодорожного транспорта, повышения пропускной способности, повышения качества обслуживания, ещё и повысить экономический эффект, т.к. внедрение данных систем практически полностью исключает затраты железной дороги на содержание рельсовых цепей, их сезонную настройку.

К преимуществам данных систем можно отнести широкий спектр решаемых задач, как по обеспечению безопасности движения, так и предоставлению дополнительных сервисных функций, таких как определение местоположения грузовых вагонов, автоматическая корректировка графика движения поездов с выдачей информации о планируемых задержках на табло пассажирских и грузовых терминалов и многое другое.

К недостаткам можно отнести сложность обслуживания и зависимость от условий использования. Практически невозможно определять местонахождение внутри зданий (при использовании транспортных средств внутри производственных помещений), в тоннелях, на застроенных территориях. Уровень сигнала серьёзно ухудшается под покровом листвы деревьев и даже при сильной облачности. На приём сигналов спутниковой системы глобального позиционирования (GPS – Global Positioning System) влияют помехи от наземных источников. Поскольку орбиты GPS имеют наклонение около 55 градусов, точность в высоких широтах значительно снижается, т.к. спутники GPS видны низко над горизонтом. В этом отношении спутники ГЛОНАСС имеют преимущество – наклон их орбит около 65 градусов (рассчитан на всю территорию России) [5, 6].

RFID или радиочастотная идентификация – технология, использующая радиочастотное электромагнитное излучение для зачтения/записи информации на небольшое устройство, называемое тэг (tag), метка (label), или транспондер (transponder).

Задачей RFID системы является хранение информации об объекте с возможностью её удобного считывания. Метка может содержать данные о типе объекта, стоимости, весе, температуре, данные логистики, вообще любой информации, которая может храниться в цифровой форме.

RFID система состоит из трёх базовых компонентов: считывающее устройство – ридер (передатчик/приёмник); антенна; радиочастотные метки (смарт-метки) с встроенной антенной, приёмником и передатчиком.

Существует большое число разновидностей этих компонентов. Они различаются по устройству, размерам, форме и техническим характеристикам (дальность считывания сигнала при различной скорости движения метки относительно ридера).

Характеристики RFID системы в первую очередь

определяются типом выбранных меток. Метки делятся по следующим признакам:

- наличие элемента питания (активные и пассивные);
- наличие чипа (чиповые и бесчиповые);
- тип хранения данных (метки с уникальной подписью и цифровым кодированием);
- способ записи информации (только считывание, однократной записи и многократного считывания, многократной записи и многократного считывания).

Системы автоматического считывания информации с движущегося подвижного состава используется в рамках информационно-управляющих систем и предназначены для автоматической фиксации подвижного состава (локомотивов, грузовых и пассажирских вагонов, вагонов-механизмов) через заранее выбранные пункты считывания [7].

В настоящее время на отечественных железных дорогах наибольшее распространение получила система автоматической идентификации подвижного состава – САИ ПС «Пальма» [10].

Сравнительные характеристики рассмотренных технологий идентификации и позиционирования подвижного состава приведены в **таблице**.

**Основные параметры технологий идентификации и позиционирования**

Тип	Точность, м	Дистанция, м	Стоимость
Оптическая и инфракрасная	0.1	3-10	Высокая
Ультразвуковая	0.1	3-10	Высокая
Спутниковая	10-15		Низкая
RFID, пассивные		Менее 10	Низкая
RFID, активные	1-3	20-100	Средняя

Сравнение достоинств и недостатков систем идентификации и позиционирования подвижного состава применительно к условиям промышленного железнодорожного транспорта позволяет рекомендовать RFID-технологии идентификации (комплекс «Пальма») для решения задач автоматизации управления перевозочным процессом. Одним из решающих факторов, определяющих данный выбор, является то, что в ближайшее время железнодорожный подвижной состав, обращающийся по сети Российских железных дорог, планируется оборудовать радиочастотными метками. Это избавит от необходимости оснащать приватные вагоны, попадающие на территорию предприятий, дополнительным оборудованием позиционирования.

Для реализации мероприятий по внедрению системы идентификации подвижного состава на путях необщего пользования промышленных предприятий потребуется приобретение стационарных считывателей дальнего радиуса действия, а также активных RFID-меток для собственного вагонного парка и мобильных считывателей.

Однако внедрение систем идентификации на крупных промышленных предприятиях, обладающих разветвлённой сетью путей с большим числом станций и грузовых фронтов, затруднено из-за значитель-

ных финансовых затрат, вне зависимости от типа и производителя систем RFID. Установка полного комплекта пунктов считывания информации с контрольно-бортовых датчиков системы автоматической идентификации подвижного состава – САИ ПС «Пальма» для условий таких предприятий, как ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат», может потребовать, по предварительным расчётам, около 400 млн. рублей единовременных затрат.

Для снижения капитальных затрат на создание системы идентификации подвижного состава, предлагается схема размещения устройств считывания, основанная на комбинировании технического и технологического способов отслеживания подвижного состава [8].

При техническом способе стационарные пункты считывания информации размещаются на железнодорожных перегонах и соединительных путях, по которым проходят грузопотоки нестабильные и неравномерные по составу и мощности, параметры которых сложно спрогнозировать при существующем уровне развития информационных систем.

Технологический способ основан на прогнозировании параметров стабильных вагонопотоков с использованием инструментов имитационного моделирования. Получая из действующей информационной системы данные о прибывающих на подъездной путь вагонах и грузах, имитационная модель воспроизводит нормативную технологию их обработки, а также работу железнодорожных станций, в результате чего формируются данные о размещении на путях станции каждого вагона. Такие прогнозные данные уточняются в моменты отправления или прибытия вагонов на станцию с помощью пунктов считывания (ридеров). Расчётная надёжность такого рода прогноза местонахождения вагона на путях станции составляет не менее 90%, при условии принадлежности вагона стабильному вагонопотоку.

Создание технологической схемы на основе комбинирования технического и технологического способов отслеживания подвижного состава позволит снизить число пунктов считывания данных, которые размещаются на станционных путях и грузовых фронтах железнодорожных станций путей необщего пользования. Минимальное количество таких пунктов считывания определяется числом межстанционных перегонов. Но и в этом случае рекомендуется оборудовать перегоны устройствами считывания в несколько этапов, в зависимости от характера вагонопотоков, проходящих по ним, – в первую очередь должны оборудоваться перегоны, по которым проходят нестабильные, неравномерные вагонопотоки, параметры которых изменяются с течением времени, а также вагонопотоки, обладающие сложной структурой. Прогнозирование места размещения вагонов, принадлежащих таким вагонопотокам, при помощи технологического способа с использованием имитационных моделей сопряжено с низкой надёжностью и точностью прогнозов.

Выполненные исследования позволяют сделать следующие выводы:

- для решения задач идентификации и позициониро-

вания железнодорожного подвижного состава на путях необщего пользования промышленных предприятий наиболее эффективным инструментом являются системы, основанные на использовании технологии радиочастотной идентификации;

- разветвлённость железнодорожных путей необщего пользования, наличие большого числа грузовых фронтов, станционных путей, а на крупных предприятиях, например, металлургических, – несколько десятков промышленных железнодорожных станций со сложными схемами путевого развития значительно увеличивает объём капитальных затрат, необходимых для внедрения системы идентификации подвижного состава;
- одним из направлений сокращения числа устройств считывания данных с вагонов и затрат на создание системы идентификации подвижного состава на промышленном железнодорожном транспорте является комбинирование технического способа (установка устройств считывания) с технологическим, предполагающим прогнозирование местоположения вагонов на путях станции на основе имитационного моделирования технологии ее работы с вагонами, принадлежащими вагонопотокам со стабильными параметрами;
- рекомендуется этапное оборудование межстанционных перегонов устройствами считывания данных с подвижного состава – более высоким приоритетом обладают перегоны, по которым проходят нестабильные, неравномерные вагонопотоки, а также вагонопотоки со сложной структурой.

#### Список литературы

1. Рахмангулов А.Н., Корнилов С.Н., Антонов А.Н., Мишуров П.Н. Разработка концепции и программы усиления пропускной и перерабатывающей способности железнодорожных станций и перегонов ОАО «ММК» на период до 2015 года // Научно-технический отчет по результатам НИР. Магнитогорск: МГТУ, 2011. 204 с.
2. Васин Н.Н., Мохонько В.П. Системы сбора информации на железнодорожном транспорте. Самара: СамИИТ, 2001. 120 с.
3. Крамаренко Е.Р. Системы сбора информации на железнодорожном транспорте. Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 2003. 66 с.
4. ARSCIS. Распознавание номеров вагонов и автоматизация железнодорожных грузоперевозок. URL: <http://www.mallenom.ru/arscis.php>. Дата обращения: 12.07.2014.
5. Мирсанов В.Д. Современные системы железнодорожной автоматики и телемеханики, их влияние на технологию и организацию управления процессом перевозок. Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 2001. 50 с.
6. К вопросу о применении спутниковых радионавигационных систем второго поколения ГЛОНАСС/GPS на железнодорожном транспорте. URL: <http://infotest.ru/info020.shtml>. Дата обращения: 12.07.2014.
7. Гудин М., Зайцев В. Технология RFID: реалии и перспективы // Компоненты и технологии, 2003. N 4(30). С.42-44.
8. Рахмангулов А.Н., Корнилов С.Н., Антонов А.Н. Разработка технологической схемы прослеживаемости подвижного состава на железнодорожных путях ОАО «ММК» // Научно-технический отчет по результатам НИР. Магнитогорск: МГТУ, 2013. 152 с.
9. Компьютерная система видеонализа «Бастион-Состав». URL: <http://www.trevog.net/catalog/bastion/item/955/>. Дата обращения: 12.07.2014.
10. САИ ПС «Пальма». Система автоматической идентификации подвижного состава на сети железных дорог. URL: <http://www.zpu-center.ru/press/freight-insurance/palm/>. Дата обращения: 12.07.2014.

**Сведения об авторах**

**Рахмангулов Александр Нельевич** – д-р техн. наук, проф., ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», Россия. Тел.: +7-3519-29-85-16. E-mail: ran@magtu.ru.

**Корнилов Сергей Николаевич** – д-р техн. наук, проф., ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», Россия. Тел.: +7-3519-29-85-34. E-mail: kornilov\_sn@mail.ru.

**Антонов Анатолий Николаевич** – старший преподаватель, ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», Россия. Тел.: +7-3519-29-85-16. E-mail: antonov11036m@mail.ru.

**INFORMATION ABOUT THE PAPER IN ENGLISH**

**DEVICE SELECTION FOR IDENTIFICATION AND POSITIONING OF RAILCARS FOR INDUSTRIAL ENVIRONMENTS**

**Rakhmangulov Aleksandr Nelevich** – D.Sc. (Eng.), Professor, Nosov Magnitogorsk State Technical University, Russia. Phone: +7-3519-29-85-16. E-mail: ran@magtu.ru.

**Kornilov Sergey Nikolaevich** – D.Sc. (Eng.), Professor, Nosov Magnitogorsk State Technical University, Russia. Phone: +7-3519-29-85-34. E-mail: kornilov\_sn@mail.ru.

**Antonov Anatoliy Nikolaevich** – Assistant Professor, Nosov Magnitogorsk State Technical University, Russia. Phone: +7-3519-29-85-16. E-mail: antonov11036m@mail.ru.

**Abstract.** The article presents a comparative analysis of the technologies of identification systems and positioning of railway rolling stock in terms of their effectiveness in the ways of private rail tracks. The main methods positions of staged equipment of railway stations have presented, and span identification based on a combination of technical and technological methods of identification.

**Keywords:** system identification and positioning, railway transport, cargo traffic, rolling stock, RFID.

**References**

1. Rahmangulov A.N., Kornilov S.N., Antonov A.N., Mishkurov P.N. Razrabotka koncepcii i programmy usilenija propusknoj i pererabatyvajushhej sposobnosti zheleznodorozhnyh stancij i peregonov OAO «MMK» na period do 2015 goda [Development of concepts and programs to enhance throughput and capacity of railway stations and spans OJSC «MMK» for the period up to 2015] // Nauchno-tehnicheskij otchet po rezul'tatam NIR [Scientific and Technical Report]. – Magnitogorsk: MSTU, 2011. 204 p.
2. Vasin N.N., Mohon'ko V.P. Sistemy sbora informacii na zheleznodorozhnom transporte [Data collection systems in railway transport]. Samara: SamIT, 2001. 120 p.
3. Kramarenko E.R. Sistemy sbora informacii na zheleznodorozhnom transporte [Data collection systems in railway transport]. Habarovsk: Izd-vo DVGUPS, 2003. 66 p.
4. ARSCIS. Raspoznavanie numerov vagonov i avtomatizacija zheleznodorozhnyh gruzoperevozok [ARSCIS. Railcars numbers recognition and automation of rail freight]. Available: <http://www.mallenom.ru/arscis.php> [2014, July 12].
5. Mirsanov V.D. Sovremennye sistemy zheleznodorozhnoj avtomatiki i telemehaniki, ih vlijanie na tehnologiju i organizaciju upravljenija procesom perevozok [Modern railway automation and automatic remote control systems, their impact on the technology and organization of traffic process]. Habarovsk: Izd-vo DVGUPS, 2001. 50 p.
6. K voprosu o primenenii sputnikovyh radionavigacionnyh sistem vtorogo pokolenija GLONASS/GPS na zheleznodorozhnom transporte [On the question of the use of satellite navigation systems of the second generation GLONASS/GPS in rail transport]. Available: <http://infotest.ru/info020.shtml> [2014, July 12].
7. Gudin M., Zajcev V. Tehnologija RFID: realii i perspektivy [RFID technology: realities and prospects] // Komponenty i tehnologii [Components and Technology]. 2003, no. 4(30), pp. 42-44.
8. Rakhmangulov A.N., Kornilov S.N., Antonov A.N. Razrabotka tehnologicheskoj shemy proslezhivaemosti podvizhnogo sostava na zheleznodorozhnyh putjah OAO «MMK» [Development of technological scheme of raicar traceability on the railway tracks OJSC «MISW»] // Nauchno-tehnicheskij otchet po rezul'tatam NIR [Scientific and Technical Report]. Magnitogorsk: MSTU, 2013. 152 p.
9. Komp'juternaja sistema videoanaliza «Bastion-Sostav» [The computer system of video analysis «Bastion Sostav»]. Available: <http://www.trevog.net/catalog/bastion/item/955/> [2014, July 12].
10. SAI PS «Pal'ma». Sistema avtomaticheskoi identifikacii po-dvizhnogo sostava na seti zheleznyh dorog [SAI RC «Palma». The automatic identification of railcars on the rail network]. Available: <http://www.zpu-center.ru/press/freight-insurance/palm/>. [2014, July 12].

# ЛОГИСТИКА

УДК 658.7:65.012.12

Кайгородцев А.А.

## АДАПТАЦИЯ МЕТОДА АНАЛИЗА ИЕРАРХИЙ К РЕШЕНИЮ ПРОБЛЕМЫ КОНФИГУРИРОВАНИЯ ЦЕПЕЙ ПОСТАВОК

**Аннотация.** Адаптация метода анализа иерархий к проблеме конфигурирования цепочек поставок выполнена на основании предложенных автором критериев оценки регионов размещения распределительных центров. Приводится описание имитационной модели выбора конфигураций цепочек поставок при определении места размещения логистических распределительных центров. Показан механизм использования результатов оценки регионов размещения логистических центров методом анализа иерархий в имитационной модели конфигурирования цепочек поставок.

**Ключевые слова:** цепочки поставок, распределительный центр, логистический центр, размещение, конфигурация, имитационная модель, метод анализа иерархий.

В период интенсивного развития логистики и информационных технологий продолжается интеграция логистических распределительных центров (РЦ) в цепочки поставок. Целесообразность таких решений на практике подтверждается ростом числа как уже функционирующих логистических распределительных центров, так и проектов по их созданию.

Одной из проблем формирования логистических распределительных систем, и, в частности, конфигурирования цепочек поставок, является выбор мест рационального размещения РЦ, т.е. элементов цепочек поставок, участвующих в накоплении, обработке и распределении запасов с целью повышения уровня логистического сервиса во взаимоотношении с потребителями, а также сокращения затрат на хранение. Данная проблема актуальна для следующих участников логистического рынка:

- производителей, дилеров, а также логистических операторов, организующих цепочки поставок на базе собственной или арендованной логистической инфраструктуры, которым важно оценить существующие предложения на рынке складской недвижимости и принять решение об использовании готового варианта РЦ, либо его строительстве собственными силами;
- девелоперов складской недвижимости, которым требуется организовать строительство перспективного РЦ в месте, наиболее полно удовлетворяющем потребности будущего пользователя.

Различных вариантов размещения может оказаться большое количество, что делает задачу выбора приемлемого варианта весьма трудоёмкой. Неточность при выборе может привести в дальнейшем к потерям прибыли компании и не оправдать инвестиционных затрат. Кроме того, развитие данного сегмента логистики в России сопряжено со значительными трудностями при выборе мест размещения рассматриваемых объектов на её большой, неравномерно освоенной территории с учётом инфраструктурных, климатических, экологи-

ческих, энергетических, трудовых и других ограничений (факторов размещения) [2].

Для усиления влияния многокритериальности, присущего задачам такого рода, автором предложено использование метода анализа иерархий (МАИ). МАИ принято считать одним из наиболее известных и зарекомендовавших себя методов решения практических многокритериальных задач самого различного характера и сложности [1, 13]. Наиболее приемлемым этот подход представляется ввиду предусмотренной декомпозиции проблемы, возможности использования критериев, различных по весу-привлекательности, а также возможности оценки согласованности суждений экспертов или их групп. Метод анализа иерархий не требует упрощения структуры задачи, априорного отбрасывания некоторых признаков, однако позволяет разбить сложную проблему на ряд простых. Поэтому он эффективнее других аналитических инструментов позволяет учитывать влияние всевозможных факторов на принятие решения. Кроме того, традиционные подходы имеют ограничения из-за сложности в формализации ряда факторов, влияющих на размещение РЦ [3, 4].

С целью адаптации метода анализа иерархий к проблеме оценки вариантов мест размещения РЦ автором сформулирована система факторов (параметров, показателей), оказывающих влияние на выбор варианта размещения РЦ. Уточним, что для упрощения восприятия лицом, принимающим решение (экспертом), или их группой структуры иерархии проблемы выбора РЦ, а также уменьшения объёма вычислений, проводимых с помощью МАИ, указанные факторы классифицированы по своей природе в следующие группы: потоковые; географические; инфраструктурные; экономико-географические; политические и экономические [5, 10]. Кроме того, для унификации и повышения гибкости процедур оценки и расчётов, выполняемых с помощью МАИ, автором при помощи инструмента имитационного моделирования AnyLogic разработана следующая модель.

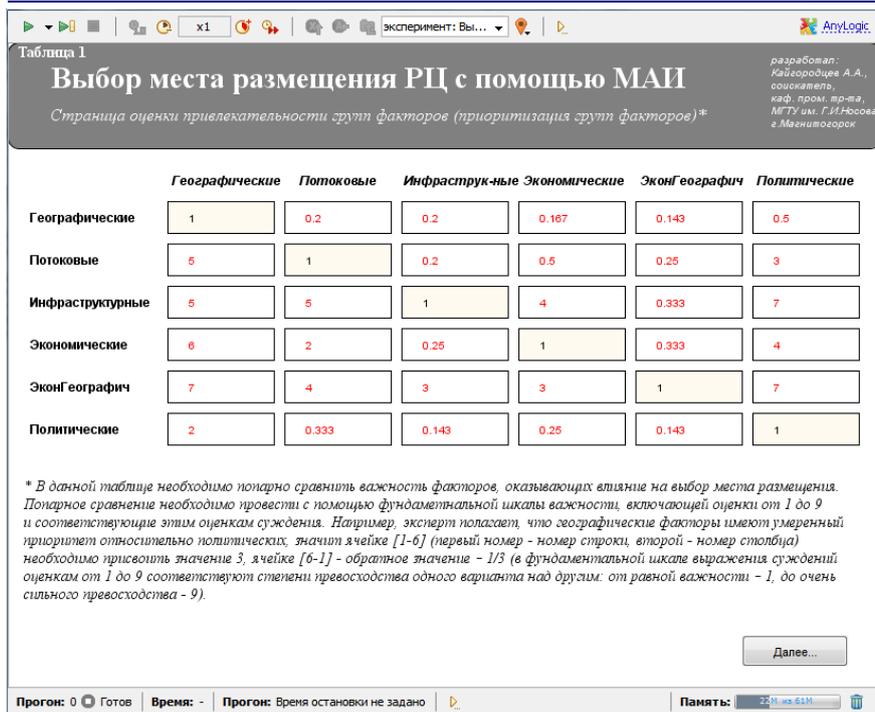


Рис. 1. Пример исходных данных для модели выбора места размещения РЦ – матрица попарного сравнения групп факторов

Чтобы оценить приоритет каждой группы факторов, согласно МАИ, необходимо составить матрицы парных сравнений критериев между собой (рис.1), а далее – матрицы парных сравнений вариантов между собой относительно каждого критерия (рис.2). Совокупность этих матриц составляют «оценочную» часть модели. Элементами матриц являются суждения, отражающие предпочтения экспертов, участвующих в выборе из представленных вариантов. Суждения представлены вербальными и числовыми оценками по девяти балльной фундаментальной шкале [4]. При оценке приоритетов учитывается, что, если предпочтительность *i*-й альтернативы по сравнению с *j*-й имеет одно из приведённых в фундаментальной шкале значений, то оценка предпочтительности *j*-й альтернативы перед *i*-й будет иметь обратное значение, т.е., если *x* предпочтительнее *y* в пять раз ( $x=5y$ ), тогда  $y=x/5$  или  $y=1/5x$ . Например, эксперт полагает, что потокосые факторы имеют умеренный приоритет относительно политических, значит ячейке  $w_{26}$  (где 2 – номер строки, 6 – номер столбца), находящейся на пересечении строки «Географические» и столбца «Политические» необходимо присвоить значение 3, ячейке  $w_{62}$  – обратное значение 1/3.

Ввод значений параметров в модели (рис.1,2) производится на странице настройки эксперимента с помощью текстовых полей и связанных с ними переменных (A11). Текстовые поля позволяют задавать и изменять значение переменных при настройке эксперимента. При вводе результатов попарного сравнения вариантов размещения предварительно определяются конкретные варианты размещения (рис.2). В представленном примере оценивались варианты размещения распределительного центра, ориентированного на обслуживание сети складов ООО «Торговый дом ММК».

Структура «исполняемой части» модели показана на рис.3 и представляет собой графическое отображение задаваемых в редакторе модели параметров (a11), переменных (CB1, OC), а также связей между ними.

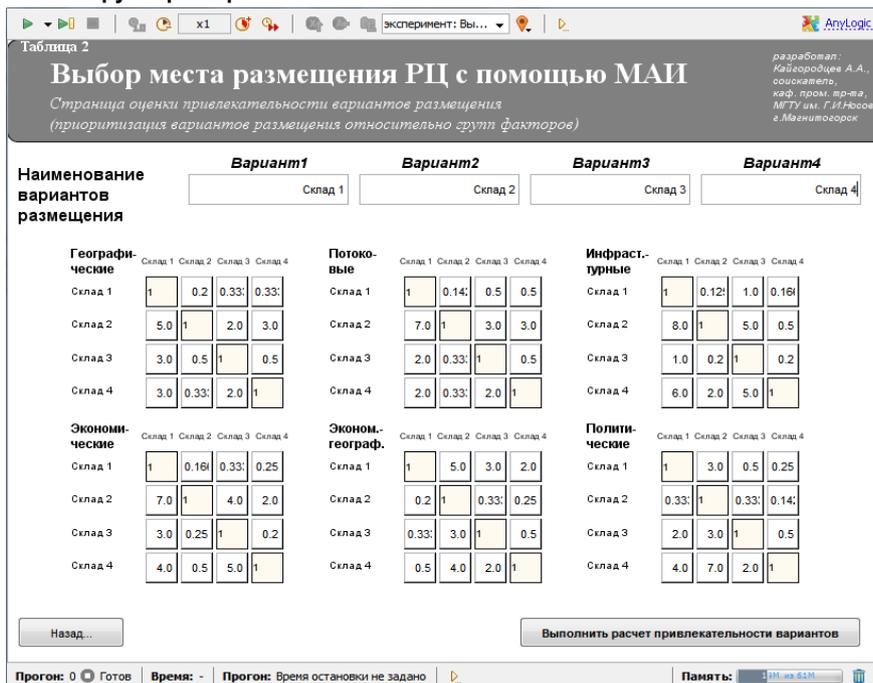


Рис. 2. Пример матриц попарных сравнений вариантов размещения РЦ

Далее рассчитываются значения глобального вектора приоритета вариантов. После приведения введённых значений к единице получено, что наивысшей оценкой обладает вариант размещения распределительного центра на складской площадке №4. Следующим вариантом по степени приоритетности является вариант размещения РЦ на складской площадке №2, его глобальный приоритет, равен 0.794 (рис. 4).

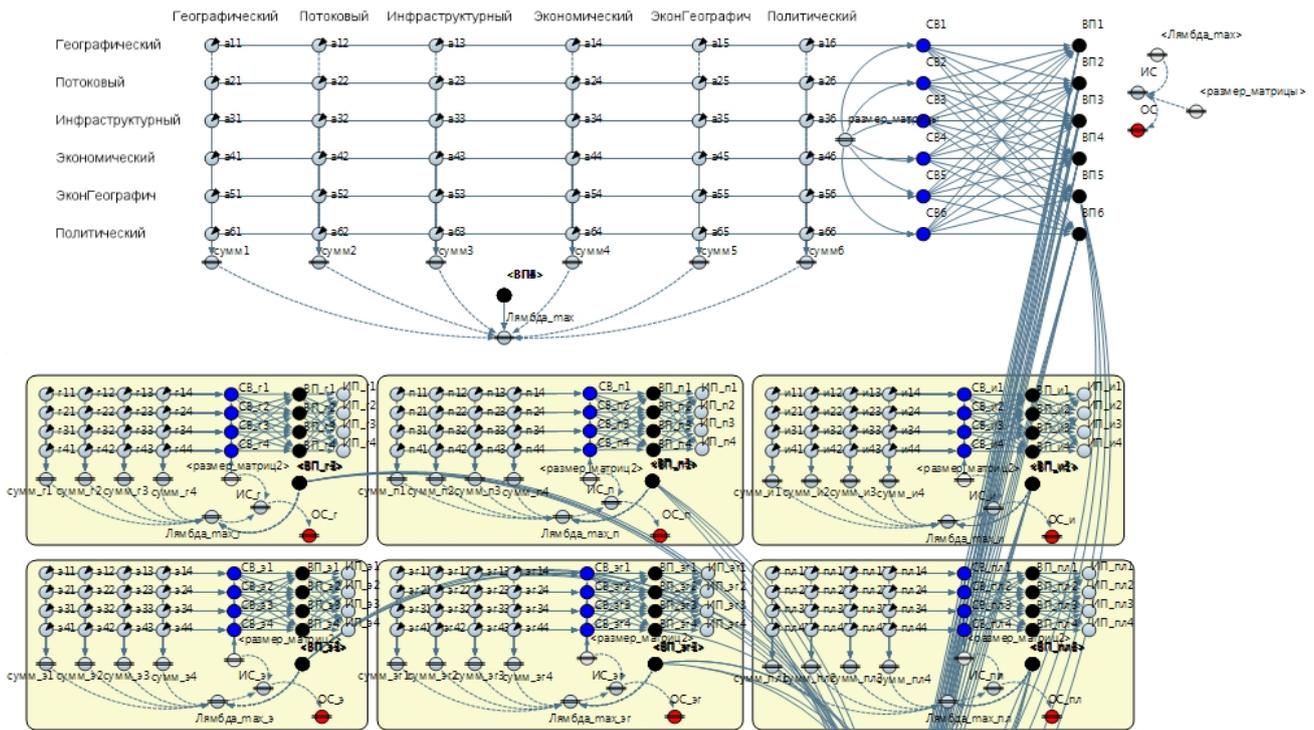


Рис. 3. Структура «исполняемой» части модели, обеспечивающей выбор варианта размещения распределительного центра

Необходимо заметить, что выставление оценок экспертом является субъективной процедурой и может порождать несогласованные оценки. Дополнительным результатом применения МАИ, позволяющим оценить степени нарушения численной (кардинальной,  $w_{ij} = w_{jk}$ ) и транзитивной (порядковой) согласованности, является индекс согласованности, средние значения которого для случайных матриц разной размерности представлены в работах [11,12]. Для улучшения степени согласованности, методикой применения МАИ рекомендуется пересмотр или уточнение критериев, использованных при выставлении оценок [11].

С целью контроля согласованности оценок, выставляемых экспертом, в модели предусмотрена возможность вывода сообщения о несогласованности и необходимости уточнения оценок попарного сравнения как на этапе сравнения критериев, так и на этапе сравнения вариантов размещения. На рис.5 представлен пример результата моделирования, полученного несогласованными оценками, и рекомендация модели по уточнению исходных данных с указанием ошибочной группы факторов (в примере – географических).

Резюмируя сказанное, следует отметить, что в данной работе автором предлагается инструмент поддержки

принятия управленческого решения, основанный на методе анализа иерархий, адаптированном к проблеме конфигурирования цепочек поставок, на основании предложенных критериев оценки. Использование квалифицированным экспертом данного инструмента, например, для решения многокритериальной задачи выбора места размещения логистического распределительного центра в ситуации недостатка объективных

AnyLogic

разработчик: Кайгородцев А.А., соискатель, Кф. прот. в-та, ИТУ им. Г.И.Завоева и Механиковск

Таблица 3

### Результаты расчета глобального приоритета вариантов размещения РЦ

Нормированный приоритет группы факторов	Географические	Потоковые	Инфра-структурные	Экономические	Экономико-географические	Политические	Глобальный приоритет вариантов*
Распределенный способ							
Склад 1	0.08	0.085	0.086	0.063	0.472	0.151	<b>0.233</b>
Склад 2	0.483	0.554	0.360	0.460	0.073	0.088	<b>0.278</b>
Склад 3	0.192	0.149	0.078	0.114	0.17	0.254	<b>0.138</b>
Склад 4	0.246	0.211	0.480	0.325	0.285	0.527	<b>0.35</b>
Идеальный способ							
Склад 1	0.165	0.154	0.137	0.125	1	0.288	<b>0.666</b>
Склад 2	1	1	0.76	1	0.154	0.13	<b>0.794</b>
Склад 3	0.398	0.27	0.161	0.227	0.359	0.481	<b>0.394</b>
Склад 4	0.508	0.381	1	0.65	0.604	1	<b>1</b>

\* Наименование и оценка наиболее привлекательного варианта согласно расчетам, выполненным с помощью МАИ, выделены красным цветом. В случае "распределенного" способа расчета, наиболее привлекательный вариант имеет самую высокую расчетную оценку глобального приоритета, при "идеальном" способе максимальная оценка приравнивается к "1", остальные оценки пропорционально пересчитываются.

Прогно: 0 Выполняется | Время: 13.45 | Прогно: Время остановки не задано | Память: 25M из 55M

Рис. 4. Пример представления результатов моделирования в случае согласованных оценок

AnyLogic

разработал: Кайгородцев А.А., ассистент, Каф. пром. тр-ва, ИМТУ им. Г.И.Носова г.Магнитогорск

Таблица 3

### Результаты расчета глобального приоритета вариантов размещения РЦ

Нормированный приоритет группы факторов	Географические	Потоковые	Инфраструктурные	Экономические	Экономико-географические	Политические	Глобальный приоритет вариантов*
	0.239	0.118	0.186	0.103	0.311	0.043	
Распределенный способ							
Склад 1	0.049	0.085	0.066	0.063	0.472	0.151	<b>0.194</b>
Склад 2	0.666	0.554	0.369	0.499	0.073	0.068	<b>0.346</b>
Склад 3	0.149	0.149	0.078	0.114	0.17	0.254	<b>0.143</b>
Склад 4	0.236	0.211	0.486	0.325	0.285	0.527	<b>0.317</b>
Идеальный способ							
Склад 1	0.087	0.154	0.137	0.125	1	0.286	<b>0.561</b>
Склад 2	1	1	0.76	1	0.154	0.13	<b>1</b>
Склад 3	0.263	0.27	0.161	0.227	0.359	0.481	<b>0.413</b>
Склад 4	0.418	0.381	1	0.65	0.604	1	<b>0.915</b>

**Таблица 1 не согласована, пож-та, проверьте оценки попарной приоритизации!**  
**Таблица 2 не согласована, пож-та, проверьте оценки попарной приоритизации для оценки вариантов по критерию: Географические**

\* Наименование и оценка наиболее привлекательного варианта согласно расчетам, выполненным с помощью МАИ, выделены красным цветом. В случае "распределенного" способа расчета, наиболее привлекательный вариант имеет самую высокую расчетную оценку глобального приоритета, при "идеальном" способе максимальная оценка приравнивается к "1", остальные оценки пропорционально пересчитываются.

Прогон: 8 Выполняется | Время: 45.05 | Прогон: Время остановки не задано | Память: 5М из 56М

Рис. 5. Пример представления результатов моделирования в случае несогласованных оценок

данных, позволяет снизить риск принятия неверного решения.

Добавим, что, выбирая вариант размещения РЦ с помощью МАИ, следует учитывать, что реальный объект функционирует в ситуации постоянного контакта с динамичной внешней средой – нелинейной системой, которой присущи обратные связи и стохастические процессы. Кроме того, причины и следствия сложных систем разнесены во времени и пространстве, поэтому трудно предсказать, какие последствия вызовет то или иное управленческое решение. Основные причины низкой эффективности принятия решений в динамичной управленческой среде [9]:

- недооценка и ошибочное восприятие эффектов обратной связи;
- упрощение реальности и выборочное использование информации;
- ограниченность по времени процесса принятия решений;
- неопределённость и сложность окружающей среды.

Томас Саати, обобщая метод анализа иерархий, предложил использовать метод аналитических сетей (МАС) [12], позволяющий учитывать обратные связи в исследуемой системе. Однако, по мнению авторов, перспективным подходом для принятия управленческого решения, связанного с инфраструктурными инвестиционными проектами, является сочетание МАИ и многоподходного имитационного моделирования [6]. Данное утверждение связано со сложностью в реализации МАС, что может вызвать практические сложности. К тому же, развитие современных инструментов имитационного моделирования и высокая вычислительная мощность технических средств значительно упрощают процессы построения моделей и проведения экспериментов [7].

При принятии решений о размещении РЦ на стратегическом уровне управления, не требующем оценки конкретных параметров проекта (например, размер грузовой единицы, партии, скорость потока, технология работы РЦ и т.п.), достаточно реализовать системно-динамическую модель, с помощью которой провести эксперименты и сравнить результаты для вариантов, имеющих наибольшие значения глобального приоритета согласно МАИ [8]. На этапе проектирования, с помощью дискретно-событийного имитационного моделирования имеет смысл оценивать результаты работы альтернативных цепочек поставок с участием РЦ, варьируя, например, такие их параметры, как частота поставок и размер партии, поступающей в РЦ, количество и грузоподъёмность автомобилей [6], обеспечивающих доставку из РЦ до складов.

#### Список литературы

1. Бродецкий Г.Л., Терентьев П.А. Применение метода аналитической иерархии для оптимизации места расположения регионального распределительного центра // Логистика и управление цепями поставок. 2005. №1(6). С.26-34.
2. Кайгородцев А. А. Система факторов, оказывающих влияние на выбор места размещения логистического распределительного центра // Менеджмент сегодня. 2012. № 4 (70). С. 214-224.
3. Кайгородцев А.А. Проблема выбора места размещения логистического распределительного центра. Существующие подходы к решению // Современные проблемы транспортного комплекса России. 2011. № 1. С.39-48.
4. Кайгородцев А.А., Рахмангулов А.Н. Система методов выбора места размещения логистического распределительного центра //Современные проблемы транспортного комплекса России.2012.№2. С.23-37.
5. Кайгородцев А.А, Рахмангулов А.Н. Факторы эффективности логистических распределительных центров // Вестник транспорта Поволжья.2013. №2(38). С.11-19.
6. Кайгородцев А.А., Рахмангулов А.Н. Применение имитационного моделирования в предпроектной оценке варианта размещения распре-

- делительного центра продукции промышленного предприятия // Материалы 4-й всерос. науч.-практ. конф. по имитационному моделированию и его применению в науке и промышленности. С-Пб.: ЦТСиС, 2009. Т.2. С.90-95.
7. Кайгородцев А.А. Структура и функции имитационной модели производственно-транспортного комплекса ОАО «ММК» / Тезисы докладов Международной научно-технической конференции молодых специалистов ОАО «ММК». Магнитогорск: ММК, 2007. С.172-173.
  8. Кайгородцев А.А. Оценка возможностей и перспектив развития транспортной инфраструктуры ОАО «ММК» на основе имитационного моделирования / Тезисы докладов Международной научно-технической конференции молодых специалистов. Магнитогорск: ММК, 2008. С.179-181.
  9. Каталевский Д.Ю. Основы имитационного моделирования и систем-
  - ного анализа в управлении. М.: Издательство Московского университета, 2011. 304 с.
  10. Рахмангулов А.Н., Кайгородцев А.А. Факторы выбора мест размещения логистических распределительных центров // Сборник научных трудов SWorld. 2012. Т.1. №4. С. 27-36.
  11. Саати Т., Кернс К. Аналитическое планирование. Организация систем. М: Радио и связь, 1991. 224 с.
  12. Саати Т. Принятие решений при зависимостях и обратных связях: Аналитические сети. М.: Издательство ЛКИ, 2008. 360 с.
  13. Altintas O., Keuschen Th., Saur A., Klumpp M. Analytical Hierarchy Process for Location Problems in Logistics. In: Grubbström, R.W./Hinterhuber, H.H. (eds.): 16th International Working Seminar on Production Economics, Conference Proceedings, Innsbruck 01.-05.03.2010. Innsbruck (Eigenverlag), Vol. 3, pp. 1-12.

### Сведения об авторе

**Кайгородцев Артём Анатольевич** – менеджер, ООО «Торговый дом ММК», г. Магнитогорск, Россия. Тел.: +7-3519-24-44-54. E-mail: kaygorodtsev.aa@tdmmk.ru.

### INFORMATION ABOUT THE PAPER IN ENGLISH

## ADAPTATION METHOD OF HIERARCHY ANALYSIS WITH THE PROBLEM OF SUPPLY CHAIN CONFIGURATION

**Kajgorodtsev Artem Anatol'evich** – Manager, LLC «Trading House of Magnitogorsk Iron and Steel Works», Magnitogorsk, Russia. Phone: +7-3519-24-44-54. E-mail: kaygorodtsev.aa@tdmmk.ru.

**Abstract.** Adaptation method of hierarchy analysis with the problem of supply chain configuration has done on the basis of assess regional distribution centers location criteria which is proposed by the author. The simulation model description of the configurations selection of supply chains in determining placement of logistics distribution centers have presented. The mechanism of evaluation results of regional centers using of of logistics centers in the analytic hierarchy process simulation model of supply chain configuration.

**Keywords:** supply chains, distribution center, logistics center, location, configuration, simulation model, analytic hierarchy process.

### References

1. Brodeckij G.L., Terent'ev P.A. Primenenie metoda analiticheskoy ierarhii dlya optimizacii mesta raspolozhenija regional'nogo raspredelitel'nogo centra [Application of the analytic hierarchy process to optimize the location of a regional distribution center] // Logistika i upravlenie cepjami postavok [Logistics and Supply Chain Management]. 2005, no. 1(6), pp. 26-34.
2. Kajgorodtsev A.A. Sistema faktorov, okazyvajushhij vlijanie na vybor mesta razmeshhenija logisticheskogo raspredelitel'nogo centra [System of factors that affect the choice of the location of logistics distribution center] // Menedzhment segodnja [Management Today]. 2012, no. 4(70), pp. 214-224.
3. Kajgorodtsev A.A. Problema vybora mesta razmeshhenija logisticheskogo raspredelitel'nogo centra. Sushhestvujushhie podhody k resheniju [The problem of the siting logistics distribution center. Approaches to solving] // Sovremennye problemy transportnogo kompleksa Rossii [Modern Problems of Russia Transport Complex]. 2011, no. 1, pp. 39-48.
4. Kajgorodtsev A.A., Rakhmangulov A.N. Sistema metodov vybora mesta razmeshhenija logisticheskogo raspredelitel'nogo centra [System of methods to choose a logistic distribution center location] // Sovremennye problemy transportnogo kompleksa Rossii [Modern Problems of Russia Transport Complex]. 2012, no. 2, pp. 23-37.
5. Kajgorodtsev A.A., Rakhmangulov A.N. Faktory jeffektivnosti logisticheskikh raspredelitel'nyh centrov [Factors of logistics and distribution centers efficiency] // Vestnik transporta Povolzh'ja [Bulletin of the Volga Transport]. 2013, no. 2(38), pp. 11-19.
6. Kajgorodtsev A.A., Rakhmangulov A.N. Primenenie imitacionnogo modelirovanija v predproektnoj ocenke varianta razmeshhenija raspredelitel'nogo centra produkcii promyshlennogo predpriatija [Application of the simulation in pre-assessment of options for placement of the distribution center for production of the industrial enterprises] // Materialy 4-j vseros. nauch. – prakt. konf. po imitacionnomu modelirovaniju i ego primeneniju v nauke i promyshlennosti [Materials of IV scientific and practical conference Simulation Modeling in Science and Industry], St.Petersburg: CTSiS, 2009, pp. 90-95.
7. Kajgorodtsev A.A. Struktura i funkcii imitacionnoj modeli proizvodstvenno-transportnogo kompleksa ОАО «ММК» [Structure and function of industrial and transport simulation model on JSC «ММК»] // Tezisy dokladov mezhdunar. nauch. – tehn. konf. molodyh specialistov ОАО «ММК» [Abstracts of the reports International scientific and technical conference of young engineer JSC «ММК»]. Magnitogorsk: ММК, 2007, pp. 172-173.
8. Kajgorodtsev A.A. Ocenka vozmozhnostej i perspektiv razvitiya transportnoj infrastruktury ОАО «ММК» na osnove imitacionnogo modelirovanija [Assessment of opportunities and prospects of development JSC «ММК» transport infrastructure on the basis simulation modeling] / Tezisy dokladov mezhdunar. nauch. – tehn. konf. molodyh specialistov ОАО «ММК» [Abstracts of the reports International scientific and technical conference of young engineer JSC «ММК»]. Magnitogorsk: ММК, 2008, pp. 179-181.
9. Katalevskij D. Ju. Osnovy imitacionnogo modelirovanija i sistemnogo analiza v upravlenii [Simulation modeling and system analyze in management]. Moscow: Izd-vo Moskovskogo universiteta, 2011, 304 p.
10. Rakhmangulov A.N., Kajgorodtsev A.A. Faktory vybora mest razmeshhenija logisticheskikh raspredelitel'nyh centrov [Distribution centers location choice factors] // Sb. nauch. trudov SWorld [Proceeding SWorld]. 2012, Vol.1, no.4, pp. 27-36.
11. Saati T., Kerns K. Analiticheskoe planirovanie. Organizacija system [Analytical Planning: The Organization of Systems]. Moscow: Radio i svjaz', 1991, 224 p.
12. Saati T. Prinjatje reshenij pri zavisimostjah i obratnyh svjazjah: Analiticheskie seti [Decision Making with Dependence and Feedback: The Analytic Network Process]. Moscow: Izdatel'stvo LKI, 2008. 360 p.
13. O.Altintas, Th.Keuschen, A.Saur, M.Klumpp. Analytical Hierarchy Process for Location Problems in Logistics. In: Grubbström, R.W./Hinterhuber, H.H. (eds.): 16th International Working Seminar on Production Economics, Conference Proceedings, Innsbruck 01.-05.03.2010, Innsbruck (Eigenverlag), Vol.3, pp. 1-12.

УДК 658.7/8

Песин А.М., Баскакова Н.Т., Якобсон З.В.

## ЛОГИСТИКА ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ХОЛДИНГА

**Аннотация.** В статье представлены результаты научно-исследовательской работы по оптимизации производственного планирования выпуска продукции холдинга.

**Ключевые слова:** логистика, теория ограничений, производственное планирование, материнская компания, дочерние предприятия, холдинг.

Одной из главных проблем логистики управления холдинговой компанией является взаимодействие материнской компании и дочерних структур в области производственного планирования. Используемая в настоящее время система контролируемых показателей не даёт возможности устанавливать оптимальную степень зависимости каждого дочернего предприятия от материнской компании. Это приводит либо к полному отсутствию самостоятельности подразделений, либо к потере управляемости и устойчивости холдинга. В обоих случаях управление остаётся неэффективным и сдерживает его дальнейшее развитие.

Существующая система управления не позволяет выявлять главные «узкие места» холдинга и синхронизировать деятельность всех его подразделений с их работой. В настоящее время не определяются оптимальные резервы мощностей дочерних предприятий для производства продукции (работ, услуг) «на сторону». В этих условиях особенно остро стоит проблема оптимизации управления и результативности деятельности холдинга.

Для её решения необходима разработка методологии эффективного взаимодействия материнской компании и дочерних предприятий для обеспечения устойчивого развития холдинга.

При составлении объёмного плана (рис. 1) вначале выявляется глобальное «узкое место» всего холдинга, затем составляется таблица приоритетности продукции, проходящей через это «узкое место», на основе которой оптимизируется поток прибыли и формируется объёмный план совместной работы материнской компании и дочерних предприятий.

Далее определяется свободное время, которое может быть использовано дочерними предприятиями для производ-

ства продукции (работ, услуг) «на сторону», составляются соответствующие таблицы приоритетности. В результате получаем дополнительные объёмные планы дочерних структур для работы «на сторону».

Следует отметить, что при определении системы взаимодействия используются, в основном, статические показатели. При этом не учитываются колебания во времени на входе, внутри и на выходе системы. Для сглаживания этих колебаний предложено создавать динамические буферы материальных и финансовых ресурсов в критически важных точках – перед «узкими местами» и перед отгрузкой продукции материнской компании и дочерних предприятий холдинга (рис. 2).

Принципиальным отличием предложенного алгоритма является приоритетное включение в производственную программу предприятий позиций продук-



Рис. 1. Укрупнённый алгоритм составления объёмных планов холдинга

ции, обеспечивающих максимальную маржинальную прибыль холдинга из всех возможных вариантов

«узкие места» всего холдинга, на втором этапе оптимизируются материальные потоки, проходящие через

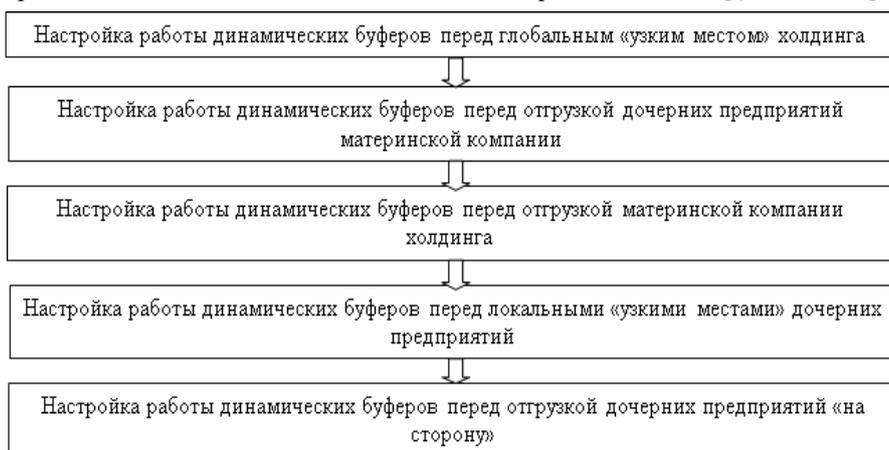


Рис. 2. Укрупнённый алгоритм настройки динамических буферов холдинга

структуры выпуска и используемых маршрутов производства.

Следует выявить и охарактеризовать конкретные различия, существующие между отдельными вариантами технологических маршрутов всего холдинга и влияющие на величину выбранного критерия. Основным фактором существования таких различий является то обстоятельство, что в каждом из альтернативных маршрутов могут использоваться различные ресурсы, в частности, различное по технологическим возможностям, мощности, срокам использования оборудование. К таким различиям можно отнести:

- различия в технологии производства и, соответственно, наборах технологических операций;
- различия в производительности агрегатов;
- различия в уровнях затрат на производство.

Учитывая перечисленные различия, в качестве критерия оптимального выбора структуры товарного выпуска предлагается использовать показатель маржинальной прибыли от товарного выпуска. Указанный подход подразумевает, что наиболее выгодным считается выпуск такого объёма каждого из видов продукции по имеющимся заказам и по таким маршрутам производства, которые в совокупности либо обеспечивают наибольший вклад в суммарную маржинальную прибыль холдинга при прочих равных условиях, либо приводят к экономии времени на «узком месте», высвобождая его для дополнительного выпуска приоритетных позиций продукции, пользующихся спросом.

Научная новизна предлагаемого подхода заключается в:

1) разработке методологии эффективного взаимодействия материнской компании и дочерних предприятий, отличающейся тем, что на первом этапе исследования определяются глобальное и локальные

эти «узкие места» без изменения технологических процессов, на третьем этапе выявляются резервы производственных мощностей дочерних компаний, которые они могут использовать как самостоятельно, так и во взаимодействии друг с другом для выпуска продукции на сторону вне холдинга, на четвёртом этапе осуществляется «расширка» «узких мест» на основе обновления основных фондов (новая технология, реконструкция, техническое перевооружение, модернизация, диверсификация) и на пятом этапе возвращаются к первому этапу;

2) создании методики управления динамическими буферами материальных ресурсов, обеспечивающими, с одной стороны, устойчивую работу холдинга, а, с другой – выпуск продукции на сторону вне холдинга для развития дочерних структур;

3) разработке системы мотивации как социальной составляющей в холдинге и в дочерних предприятиях, отличающейся системой расчётных показателей силы мотивации персонала и вознаграждения менеджеров.

Важным направлением освоения и управления технологическими новациями является использование оптимизационных подходов к планированию деятельности как материнской компаний, так и дочерних предприятий, нацеленных на улучшение показателей деятельности холдинга.

#### Список литературы

1. Goldratt, Eliyahu M. The Theory of Constraints: A Systems Approach to Continuous Improvement. Delmar, Albany, NY, 1995.
2. Сеничев Г.С., Шмаков В.И., Виер И.В., Песин А.М. и др. Реализация концепции производственного планирования на основе эффективного использования ограничений. М.: Экономика, 2006. 210 с.
3. Баскакова Н.Т. Подсистема СМК планирования ремонтов // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2009. №3. С.55-57.
4. Виханский О.С., Наумов А.И. Менеджмент. М.: Экономика, 2008. 670 с.
5. Песин А.М., Шмелев В.А., Баскакова Н.Т., Бойко Д.А., Леднева Г.А. Подсистема менеджмента качества планирования ремонтов как рычаг роста конкурентоспособности металлопродукции // Сталь. 2011. №1. С. 79-84.
6. Баскакова Н.Т. Инновационные подходы в планировании ремонтов металлургического оборудования на основе теории ограничений. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2014. 133 с.
7. Баскакова Н.Т. Проблемы выбора стратегии технологического обслуживания и ремонта основных средств с целью повышения действенности СМК прокатных цехов // Моделирование и развитие процессов обработки металлов давлением: междунар. сб. науч. тр. / под ред. В.М.Салганика. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2012. С. 312-319.

**Сведения об авторах**

**Песин Александр Моисеевич** – д-р техн. наук, проф., ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», Россия. Тел.: +7-3519-06-30-56. E-mail: pesin@bk.ru.

**Баскакова Надежда Тимофеевна** – канд. техн. наук, доц., ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», Россия. Тел.: +7-3519-23-04-28. E-mail: baskakovant@bk.ru.

**Якобсон Зинаида Васильевна** – канд. техн. наук, доц., ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», Россия. Тел.: +7-906-854-11-57. E-mail: yakobson@bk.ru.

**INFORMATION ABOUT THE PAPER IN ENGLISH****LOGISTICS OF HOLDING PRODUCTION PLANNING**

**Pesin Alexander Moiseevich** – A D.Sc. (Eng.), Professor, Nosov Magnitogorsk State Technical University, Russia. Phone: +7-3519-06-30-56. E-mail: pesin@bk.ru.

**Baskakova Nadezda Timofeevna** – Ph.D. (Eng.), Associate Professor, Nosov Magnitogorsk State Technical University, Russia. Phone: +7-3519-23-04-28. E-mail: baskakovant@bk.ru.

**Yakobson Zinaida Vasil'evna** – Ph.D. (Eng.), Associate Professor, Nosov Magnitogorsk State Technical University, Russia. Phone: +7-906-854-11-57. E-mail: yakobson@bk.ru.

**Abstract.** The paper presents results of research on optimization and systematization of holding production planning.

**Keywords:** logistics, theory of constraints, production planning, the parent company, subsidiaries, holding.

**References**

1. Goldratt, Eliyahu M. The Theory of Constraints: A Systems Approach to Continuous Improvement. Delmar, Albany, NY, 1995.
2. Senichev G.S., Shmakov V.I., Vier I.V., Pesin A.M. i dr. Realizacija koncepcii proizvodstvennogo planirovaniya na osnove jeffektivnogo ispol'zovanija ogranichenij [Implementation of the concept of production planning based on effective use of constraints]. Moscow: Economy, 2006, 210 p.
3. Baskakova N.T. Podsystema SMK planirovaniya remontov [Quality Management Subsystem repair planning] // Vestnik Magnitogorskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta im. G.I. Nosov [Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University]. 2009, no.3, pp. 55-57.
4. Vihanskij O.S., Naumov A.I. Menedzhment [Management]. Moscow: Economy, 2008, 670 p.
5. Pesin A.M., Shmelev V.A., Baskakova N.T., Bojko D.A., Ledneva G.A. Podsystema menedzhmenta kachestva planirovaniya remontov kak ryuchag rosta konkurentosposobnosti metalloprodukcii [Quality Management Subsystem repair planning as a lever of growth competitiveness of steel] // Stal' [Steel]. 2011, no.1, pp. 79-84.
6. Baskakova N.T. Innovacionnye podhody v planirovanii remontov metallurgicheskogo oborudovanija na osnove teorii ogranichenij: monografija [Innovative approaches in planning repairs of metallurgical equipment, based on the theory of constraints: monograph]. Magnitogorsk: Magnitogorsk State Technical University, 2014, 133 p.
7. Baskakova N.T. Problemy vybora strategii tehnologicheskogo obsluzhivaniya i remonta osnovnyh sredstv s cel'ju povysheniya dejstvennosti SMK prokatnyh cehov [Problems strategy selection process of maintenance and repair of fixed assets in order to increase the effectiveness of the QMS in rolling shops] // Modelirovanie i razvitie processov obrabotki metallov davleniem: mezhdunar. sb. nauch. tr. [Modeling and development of metal forming processes] / pod red. V.M. Salganika [Editor Salganik V.M.]. Magnitogorsk: Magnitogorsk State Technical University, 2012, pp. 312-319.

# ТЕХНОЛОГИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ ПЕРЕВОЗОК

УДК 656.225

Попов А.Т., Воронина О.В.

## ПРОБЛЕМЫ СУЩЕСТВУЮЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ ВНУТРИЗАВОДСКИХ ПЕРЕВОЗОК В УСЛОВИЯХ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО КОМБИНАТА

**Аннотация.** В представленной работе сформулированы существующие принципы организации внутризаводских перевозок в условиях металлургического комбината и проанализированы проблемы, возникающие при осуществлении принятой организации этих перевозок.

**Ключевые слова:** внутризаводские перевозки, организация, принципы.

В современных рыночных условиях развитие мировой металлургической промышленности вступает в новую стадию. В настоящее время внутрирегиональные объединения сменяются трансконтинентальными слияниями. Также набирает силу новая тенденция, когда производители создают стратегические объединения и учреждают совместные предприятия с поставщиками сырья. Эти направления развития металлургического производства нашли отражение и в структуре организации компании Группы НЛМК (Новолипецкий металлургический комбинат). Производственные активы компании расположены на территории России, США и стран Евросоюза. В Группу входят сталелитейные, прокатные компании и сырьевые активы (горнодобывающий сегмент, коксохимическое производство, ломозаготовительные мощности), а также логистические и трейдинговые активы.

Для обеспечения конкурентоспособности металлургической продукции на мировом рынке в сложившихся условиях немаловажным является снижение ее себестоимости, достигнуть которого можно путем сведения к минимуму суммарных производственных затрат и транспортных расходов.

Одним из главных резервов производства является совершенствование его организации. Основная идея организации перевозочного процесса заключается в разработке такой системы «транспорт – производство», которая позволила бы перемещать грузы через цепочки из технологических операций настолько эффективно, насколько это возможно. Именно в результате интеграции, слияния транспорта предприятия и производства в единую систему, учета потребностей обеих подсистем возможно возникновение нового качества системы от более рационального соединения ее элементов.

В результате данного исследования сформулированы существующие принципы организации внутризаводских перевозок в условиях металлургического комбината и проанализированы проблемы, возникающие при осуществлении принятой организации этих перевозок. Отличительной чертой внутризаводских

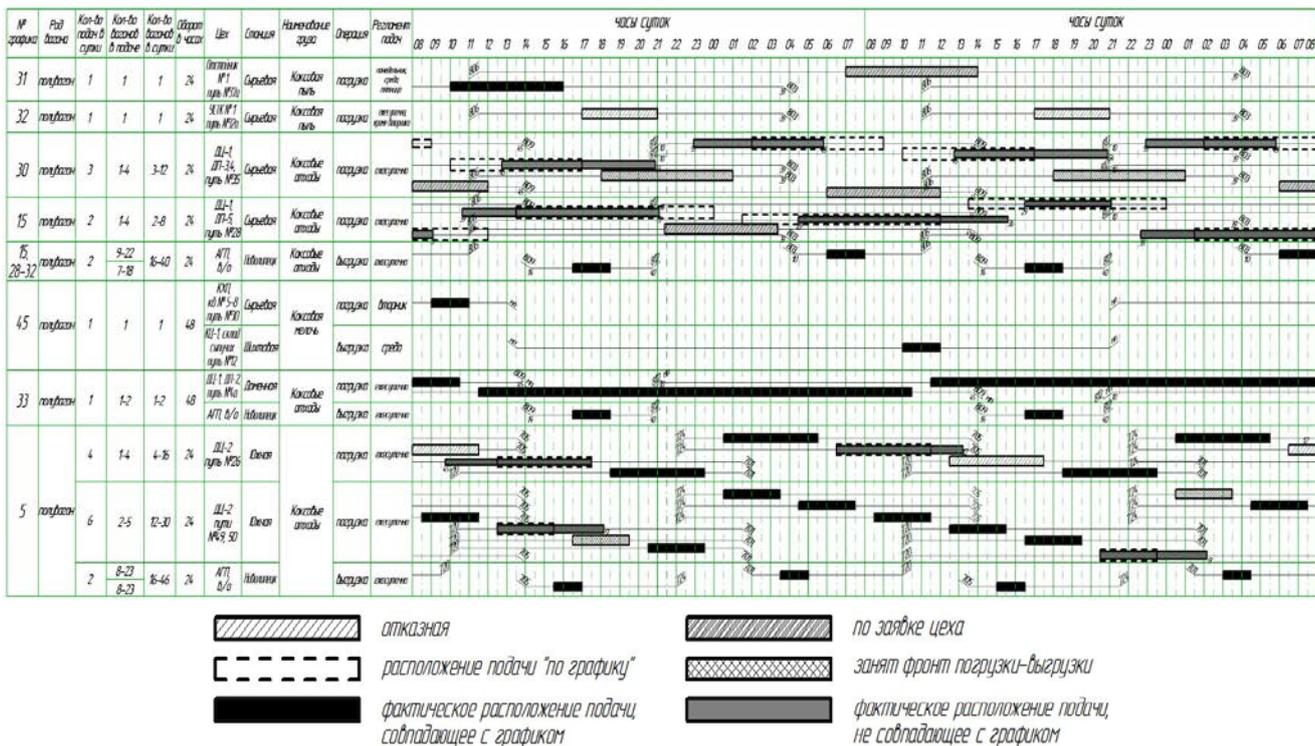
перевозок грузов является их тесная связь с технологическим процессом основного производства. В настоящее время на всех крупных металлургических предприятиях России наиболее рациональной формой их организации считаются контактные графики.

Контактным графиком называется система организации перевозочного процесса, обеспечивающая полное удовлетворение цехов предприятия в перевозках, определяющая последовательность и продолжительность выполнения операций по погрузке, выгрузке и перемещению грузов на основе технологических особенностей работы обслуживаемых цехов и устанавливающая взаимную ответственность за его выполнение [1]. Существующие принципы построения контактного графика основаны на предположении о стабильных ритмах работы основных производственных цехов. Но в реальных условиях теория далека от действительности. При периодически изменяющихся ритмах функционирования цехов-поставщиков и цехов-потребителей выполнение временных и ресурсных ограничений, которые в настоящее время регламентированы контактным графиком, требует значительных резервов вагонного парка. Это удорожает обеспечение перевозками производственных цехов, но при этом не исключает срывов в транспортном обслуживании.

Практика и проведенные исследования свидетельствуют о неполном выполнении контактного графика на металлургических предприятиях, несмотря на строго установленный и требующий неукоснительного исполнения порядок его соблюдения.

В исполненном графике обслуживания грузовых фронтов, который составлен по данным, полученным в результате исследований, смоделированы наиболее часто возникающие ситуации (**рисунок**).

Результаты исследования представлены в **табл. 1**. В таблице использованы следующие условные обозначения:  $+ \Delta t$  – более позднее начало или окончание грузовой операции (опоздание) относительно времени по графику, мин;  $- \Delta t$  – преждевременное начало или окончание грузовой операции относительно времени по графику, мин;  $+ \Delta l$  – отклонение по количеству



Фрагмент исполненного контактного графика металлургического комбината

вагонов в подаче в большую сторону относительно количества вагонов, указанных в графике;  $-\Delta n$  – отклонение по количеству вагонов в подаче в меньшую сторону относительно количества вагонов, указанных в графике;  $N$  – количество подач по графику за исследуемый период;  $+\Delta N$  – отклонение по количеству подач в большую сторону относительно количества подач по графику;  $-\Delta N$  – отклонение по количеству подач в меньшую сторону относительно количества подач по графику.

Все данные, представленные в таблице, являются среднестатистическими в пределах исследуемого периода, продолжительность которого составляла один календарный месяц.

В графах 10 – «Отказные» и 11 – «Диспетчерские задания» в скобках указано количество соответствующих заданий. Под отказным заданием понимается отказ производственного цеха от вагонов, подаваемых по контактному графику, который необходимо запросить цехам-грузоотправителям за 2 часа до начала графика; цехам-грузополучателям – за 12 часов до начала графика; доменным цехам №1, №2 – за 1 час до начала графика (выгрузка вагонов с агломератом). Диспетчерские задания – это «команды» диспетчера Дирекции по планированию и организации производства при планово-предупредительных ремонтах основных агрегатов комбината. В этом случае подачи вагонов на грузовые фронты, предусмотренные контактными графиками, снимаются с графика.

Отклонения, помеченные в табл.1 «звездочкой» \*, связаны с выполнением диспетчерского задания или отказного задания.

При проведении количественного анализа выполнения контактного графика нарушениями считались:

- начало или окончание грузовой операции, выполненные раньше или позже сроков, указанных в графике, с учетом допусков, установленных приказом о контактных графиках;
- отклонение по количеству вагонов в подаче в большую или меньшую сторону относительно количества вагонов, указанных по графику;
- занятость грузового фронта;
- подача по заявке цеха с нарушением графика по времени;
- отказ производственного цеха от вагонов;
- отсутствие вагонов в установленное контактным графиком время;
- нарушения графика по погрузке;
- нарушение графика по выгрузке.

Отказные и диспетчерские задания при проведении исследования не считались нарушениями.

Допуски на отклонения от графика:

- нарушением графика считаются задержки прибытия поезда или выполнения грузовой операции более чем на 30 мин;
- досрочная подача (за 1 час до графика), считается подачей по графику, если предыдущий поезд был подан в установленное время или с опозданием.

Таблица 1

## Анализ выполнения контактного графика

№ графика	Наименование груза	Операция	Начало грузовой операции		Окончание грузовой операции		+ $\Delta n$ , ваг.	- $\Delta n$ , ваг.	Отказы, %	Диспетчерские задания, %	+ $\Delta N$	- $\Delta N$	N
			+ $\Delta t$ , мин.	- $\Delta t$ , мин.	+ $\Delta t$ , мин.	- $\Delta t$ , мин.							
24	Колошниковая пыль с ДЦ-1	погрузка	-	-	-	240	1	2	-	-	+7	-	14
24	Аспирационная пыль с ДЦ-1	погрузка	-	-	5760	-	-	-	40 (4)	-	-	-4	9
24	Аспирационная, колошниковая пыль с ДЦ-1	выгрузка	-	-	-	-	-	1,67	-	-	+6	-	14
50	Колошниковая пыль с ДП-6	погрузка	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9
50	Аспирационная пыль с ДП-6	погрузка	-	-	-	-	-	-	7,14 (2)	-	-	-2	28
50	Аспирационная, колошниковая пыль с ДП-6	выгрузка	-	-	-	-	-	-	5 (1)	-	-	-	19
28	Коксовая мелочь с КХП	погрузка	-	-	-	-	-	-	12,9 (12)	-	-	-12	93
29	Коксовая мелочь с КХП	погрузка	-	-	-	-	1	-	1,61 (3)	-	-	-3	186
31	Коксовая пыль с КХП	погрузка	-	-	-	-	-	-	-	-	+5	-	14
32	Коксовая пыль с КХП	погрузка	-	-	-	-	2	-	81,5 (22)	-	-	-21	26
45	Коксовая мелочь с КХП	погрузка	-	-	-	-	-	-	-	-	+2	-	5
30	Коксовые отходы с ДЦ-1	погрузка	157,6	127,5	191,2	156,9	-	-	-	-	-	-	124
15	Коксовые отходы с ДЦ-1	погрузка	107,5	135	210,9	135	-	-	-	-	-	-1	62
33	Коксовые отходы с ДЦ-1	погрузка	-	-	1440	-	-	-	3,2 (1)	6,45 (2)	-	-4	31
15, 28-32, 33	Коксовые отходы с КХП, ДЦ-1	выгрузка	150*	-	90*	-	-	2,4	-	1,61 (1)	-	-	62
45	Коксовая мелочь с КХП	выгрузка	-	-	-	-	-	-	-	-	+1	-	5
5	Коксовые отходы с ДП-6	погрузка	-	-	540	-	-	-	33,87 (42)	8,87 (11)	-	-53	124
5	Коксовые отходы с ДП-6	выгрузка	-	-	-	-	-	1,76*	12,9 (4)*	-	-	-2	31
40	Агломерат	погрузка	-	-	-	-	-	5	1,16 (14)	3,72 (45)	-	-59	1209
40	Агломерат для ДЦ-1	выгрузка	-	-	-	-	-	-	7,32 (70)	-	-	-48	930
40	Агломерат для ДЦ-2	выгрузка	-	-	-	-	-	-	-	-	+1	-	279
36	Отсев агломерата с ДЦ-1, ДП-5	погрузка	110,4	135	182,6	135	-	-	-	-	-	-2	62
36	Отсев агломерата с ДЦ-1, ДП-3,4	погрузка	160,8	127,5	193,6	143,6	-	-	-	-	-	-3	124
36	Отсев агломерата с ДЦ-2, ДП-6	погрузка	-	-	-	-	-	-	4,84 (6)	3,23 (4)	-	-10	124
36	Отсев агломерата с ДЦ-1, ДЦ-2	выгрузка	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	279
8	Обрезь с ПГП	погрузка	480*	-	-	-	-	-	2,17 (1)	2,17 (1)*	-	-1	46

Продолжение таблицы 1

№ графика	Наименование груза	Операция	Начало грузовой операции		Окончание грузовой операции		+ $\Delta n$ , ваг.	- $\Delta n$ , ваг.	Отканые, %	Диспетчерские задания, %	+ $\Delta N$	- $\Delta N$	N
			+ $\Delta t$ , мин.	- $\Delta t$ , мин.	+ $\Delta t$ , мин.	- $\Delta t$ , мин.							
8	Обрезь для ФЛЦ	выгрузка	-	-	-	-	-	-	6.67 (1)	-	-	-2	15
51	Обрезь с ПГП	погрузка	-	-	-	-	-	-	6.67 (1)	-	-	-2	15
52	Обрезь с ПГП	погрузка	-	-	-	-	-	-	9.68 (3)	3.23 (1)	-	-4	31
53	Обрезь с ПГП	погрузка	-	-	-	-	-	-	20 (3)	-	-	-3	15
57	Обрезь с ПХПП	погрузка	343.3	-	1045	-	-	-	-	-	-	-5	31
65	Обрезь с ПХПП	погрузка	-	-	1125	-	-	-	-	-	-	-4	31
8,51-53, 57, 65	Обрезь с ПГП, ПХПП	выгрузка	-	-	-	-	-	1.14	-	-	-	-	93
25	Известь с ОГЦ №1,2	погрузка	-	-	-	-	1.33	-	-	-	-	-	62
25	Известь с ОГЦ №1,2	выгрузка	60	-	90	-	2	2	3.23 (2)	-	-	-2	62
25	Отсев известняка с ОГЦ №1,2	погрузка	-	-	-	-	-	-	38.7 (24)	-	-	-24	62
25	Отсев известняка с ОГЦ №1,2	выгрузка	-	-	-	-	-	1.17*	-	-	-	-	31
26	Известь с ОГЦ №3	погрузка	-	-	-	-	-	1.86*	11.3 (7)	-	-	-	62
26	Известь с ОГЦ №3	выгрузка	90	-	105*	-	-	1*	4.76 (3)*	1.59 (1)*	-	-	62
26	Отсев известняка с ОГЦ №3	погрузка	-	-	-	-	1	1.06*	9.03 (18)*	-	-	-	62
26	Отсев известняка с ОГЦ №3	выгрузка	-	-	-	-	1	1.5	-	-	-	-	62
60	Оксид железа с ПХПП	погрузка	-	-	-	-	-	-	58.1 (18)	6.45 (2)	-	-20	31
60	Оксид железа с ПХПП	выгрузка	-	-	-	-	-	-	64.5 (20)	-	-	-20	31
23	Окалина с ПГП	погрузка	-	-	-	-	-	-	4.35 (1)	13.04 (3)	-	-4	23
23	Окалина с ПГП	выгрузка	-	-	-	-	-	-	20.83 (5)	-	-	-4	23
14	Окалина с ЦПМШ	погрузка	-	-	-	-	-	-	5.88 (1)	17.65 (3)	-	-4	17
14	Окалина с ЦПМШ	выгрузка	360	-	150	-	-	-	15 (3)	-	-	-1	18
58	Окалина с КЦ-2	погрузка	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13
58	Окалина с КЦ-2	выгрузка	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14
6	Щебень	погрузка	-	-	-	-	-	1	11.3 (7)	-	-	-7	62
6	Щебень	выгрузка	405	-	282.5*	-	-	1	11.3 (7)	1.61 (1)*	-	-7	62
11	Шлам	погрузка	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14
11	Шлам	выгрузка	-	-	-	-	1	-	36.8 (7)	-	-	-1	13
38	Скрап с КЦ-1	погрузка	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	31
39	Скрап с КЦ-1	погрузка	-	-	-	-	-	1	1.08 (1)	1.08 (1)	-	-2	93
43	Скрап с КЦ-2	погрузка	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	62
54	Скрап с КЦ-2	погрузка	-	-	840	-	-	-	-	-	-	-	62
38,39, 43,54	Скрап с КЦ-1, КЦ-2	выгрузка	-	-	-	-	2.89*	2.5*	4.17 (4)	48.96 (47)*	-	-4	93

По результатам анализа контактного графика были рассчитаны проценты его соблюдения и нарушения при выполнении грузовых операций.

Выполнение и нарушения контактного графика при погрузке (в скобках указывается процент, который составляет указанное нарушение от общего числа подач):

24, колошниковая пыль – 38,1%, отклонение до +1 вагона в 7,7% нарушенных графиков (4,76 %), среднее отклонение до -2 вагонов в 38,5% нарушенных графиков (23,81 %), семь нарушений – подача по заявке цеха вне графика;

24, аспирационная пыль 60%, более позднее окончание грузовой операции на 5760 мин. в 50% случаев нарушений (20%), в одном случае был занят грузовой фронт, один случай подачи по заявке цеха вне графика;

50, колошниковая пыль с ДП-6 – 100%;

50, аспирационная пыль с ДП-6 – 100%;

28, коксовая мелочь – 100%;

29, коксовая мелочь – 98,34%, отклонение до +1 вагона в 100% случаев нарушений (1,61%);

31, коксовая пыль – 73,68% (пять нарушений – по заявке цеха);

32, коксовая пыль – 92,6%, отклонение до +2 вагонов в 50% случаев нарушений (3,7%), одно нарушение – подача по заявке цеха вне графика;

45, коксовая мелочь – 71,43%, два нарушения – подача по заявке цеха вне графика;

30, коксовые отходы – 36,1%, преждевременное начало грузовой операции на 127,5 мин. в 4,71% случаев нарушений (3%), позднее начало грузовой операции на 157,6 мин. в 65,9% случаев нарушений (42,1%), преждевременное окончание грузовой операции на 156,9 мин. в 10,6% случаев нарушений (6,77%), более позднее окончание грузовой операции на 191,2 мин. в 74,1% случаев нарушений (47,37%), в девяти случаях был занят грузовой фронт, в девяти же случаях осуществлялись подачи по заявкам цехов вне графика;

15, коксовые отходы – 61,9%, преждевременное начало грузовой операции на 135 мин. в 8,33% случаев нарушений (3,17%), позднее начало грузовой операции на 107,5 мин. в 58,33% случаев нарушений (22,2%), преждевременное окончание грузовой операции на 135 мин. в 8,33% случаев нарушений (3,17%), более позднее окончание грузовой операции на 210,9 мин. в 79,17% случаев нарушений (30,16%), два нарушения связаны с занятостью грузового фронта, одно нарушение – с подачей по заявке цеха вне графика;

33, коксовые отходы – 87,1%, более позднее окончание грузовой операции на 1440 мин. в 50% случаев нарушений (6,45%), в двух случаях был занят грузовой фронт;

5, коксовые отходы с ДП-6 – 98,4%, более позднее окончание грузовой операции на 540 мин. в 100% случаев нарушений (1,61%);

40, агломерат 99,5%, отклонение до -5 вагонов в 100% случаев нарушений (0,5%);

36, отсев агломерата с ДП-5 – 64,5%, преждевременное начало грузовой операции на 135 мин. в 9,09% случаев нарушений (3,23%), более позднее начало гру-

зовой операции на 110,4 мин. в 59,09% случаев нарушений (20,97%), преждевременное окончание грузовой операции на 135 мин. в 9,09% случаев нарушений (3,23%), более позднее окончание грузовой операции на 182,6 мин. в 81,8% случаев нарушений (29,03%), в двух случаях был занят грузовой фронт;

36, отсев агломерата с ДП-3,4 – 40,15%, преждевременное начало грузовой операции на 127,5 мин. в 5,06% случаев нарушений (3,03%), более позднее начало грузовой операции на 160,8 мин. в 70,89% случаев нарушений (42,4%), преждевременное окончание грузовой операции на 143,6 мин. в 11,4% случаев нарушений (6,82%), более позднее окончание грузовой операции на 193,6 мин. в 75,95% случаев нарушений (45,5%), в одиннадцати случаях был занят грузовой фронт, в восьми случаях подача осуществлялась по заявке цеха вне графика;

36, отсев агломерата с ДЦ-2 путь №26 (ДП-6) – 100%;

8, обрезь – 100%, более позднее начало грузовой операции на 480 мин. в 2,17% случаях от всех подач – по диспетчерскому заданию.

51, обрезь – 93,3%, одно нарушение из-за отказа цеха в приеме груза;

52, обрезь – 100%;

53, обрезь – 100%;

57, обрезь – 70,97%, более позднее начало грузовой операции на 343,3 мин. в 33,3% случаев нарушений (9,68%), более позднее окончание грузовой операции на 1045 мин. в 44,4% случаев нарушений (12,9%), пять нарушений – из-за занятости грузового фронта;

65, обрезь – 74,2%, более позднее окончание грузовой операции на 1125 мин. в 50% случаев нарушений (12,9%), четыре нарушения – из-за занятости грузового фронта.

25, известь – 95,16%, среднее отклонение до +1,33 вагона в 100% случаев нарушений (4,84 %);

25, отсев известняка – 100%;

26, известь – 100%, среднее отклонение до -1,86 вагона в 11,3% случаев от всех подач – это «отказные», т.е. подача произведена, но с меньшим числом вагонов;

26, отсев известняка – 96,77%, отклонение до +1 вагона в 100% случаев нарушений (3,23%), среднее отклонение до -1,06 вагона в 29,03% случаях от всех подач – это «отказные»;

23, окалина – 100%;

58, окалина – 100 %;

14, окалина – 100%;

60, оксид железа – 100%;

6, щебень – 98,4%, отклонение до -1 вагона в 100% случаев нарушений (1,61 %);

11, шлам – 100%;

38, скрап – 100%;

39, скрап – 98,9%, отклонение до -1 вагона в 100% случаев нарушений (1,08%);

43, скрап – 100%.

54, скрап – 96,8%, более позднее окончание грузовой операции на 840 мин. в 50% случаев нарушений (1,61%), одно нарушение – «срыв» по погрузке.

Выполнение и нарушения контактного графика

при выгрузке:

24, колошниковая и аспирационная пыль – 25%, среднее отклонение до -1.67 вагонов в 60% нарушенных графиков (45%), шесть нарушений – подача по заявке цеха вне графика;

50, колошниковая и аспирационная пыль с ДП-6 – 95%, одно нарушение – подача по заявке цеха вне графика;

15, 28-32, 33, коксовые отходы – 83.87%, среднее отклонение до -2.4 вагонов в 100% случаев нарушений (16.13%), более позднее начало грузовой операции на 150 мин. и более позднее окончание грузовой операции на 90 мин. в 1.61% случаев от всех подач связано с «диспетчерским заданием»;

45, коксовая мелочь – 83.3%, одно нарушение – подача по заявке цеха вне графика;

5, коксовые отходы с ДП-6 – 38.71%, среднее отклонение до -1.76 вагона в 67.74% от всех подач, из них в 6.45 % случаев – это «отказные», в 61.29% случаев от всех подач – нарушения (100% от всех нарушений), в остальных «отказных» подача вагонов на грузовые фронты не производилась;

40, агломерат для ДЦ-1 – 96.86%, двадцать шесть нарушений – по заявкам цеха, четыре нарушения – оказ цеха от подачи;

40, агломерат для ДЦ-2 – 99.6%, одно нарушение – по заявке цеха;

36, отсеv агломерата с ДЦ-1,2 – 98.2%, среднее отклонение до -2 вагонов в 100% случаев нарушений (1.79%);

8, обрeзь для ФЛЦ – 93.3%, одно нарушение связано с нарушением в работе грузового фронта;

8, 51-53, 57, 65, обрeзь – 92.47%, среднее отклонение до -1.14 вагона в 100% случаев нарушений (7.53%);

25, известь – 93.55%, более позднее начало грузовой операции на 60 мин. в 25% случаев нарушений (1.61%), более позднее окончание грузовой операции на 90 мин в 25% случаев нарушений (1.61%), среднее отклонение до +2 вагонов в 50% случаев нарушений (3.23%), отклонение до -2 вагонов в 25% случаев нарушений (1.61%);

25, отсеv известняка – 41.9%, отклонение до -1,17 вагона в 100% случаев нарушений (58.1%);

26, известь – 90.48%, более позднее начало грузовой операции на 90 мин. в 50% случаев нарушений (4.76%), более позднее окончание грузовой операции на 105 мин. в 6.35% от всех подач, из них в 1.59% случаев от всех подач – это «диспетчерское задание», в 4.76% случаев от всех подач – нарушения (50% от всех нарушений), отклонение до -1 вагона в 6.35% от всех подач, из них в 3.18 % случаев от всех подач – это «отказные», в 3.18% случаев от всех подач – нарушения (33.3% от всех нарушений), одна «отказная» – подача вагонов на грузовой фронт не производилась, одно нарушение – подача по заявке цеха вне графика;

26, отсеv известняка – 72.58%, отклонение до +1 вагона в 5.88% случаев нарушений (1.61%), среднее отклонение до -1,5 вагона в 94.12% случаях нарушений (25.81%);

23, окалина – 95.83%, одно нарушение – подача по

заявке цеха вне графика;

58, окалина – 100%;

14, окалина – 85%, два нарушения – подача по заявке цеха вне графика, более позднее начало грузовой операции на 360 мин. в 33.3% случаев нарушений (5%), более позднее окончание грузовой операции на 150 мин в 33.3% случаев нарушений (5%);

60, оксид железа – 100%;

6, щебeнь – 96.8%, более позднее начало грузовой операции на 405 мин. в 50% случаев нарушений (1.61%), более позднее окончание грузовой операции на 282.5 мин. в 3.23% от всех подач, из них в 1.61% случаев от всех подач – это «диспетчерское задание», в 1.61% случаев от всех подач – нарушения (50% от всех нарушений), отклонение до -1 вагона в 50% случаев нарушений (1.61%);

11, шлам – 63.2%, шесть нарушений – подача по заявке цеха вне графика, отклонение до +1 вагона в 14.3% случаев нарушений (5.26 %);

38, 39, 43, 54, скрап – 71.88%, среднее отклонение до +2.89 вагона в 37.5% от всех подач, из них в 21.88% случаев от всех подач – это «диспетчерское задание», в 15.63 % случаев от всех подач – нарушения (55.5% от всех нарушений), среднее отклонение до -2,5 вагонов в 33.3 % от всех подач, из них в 23.96% случаев от всех подач – это «диспетчерское задание», в 9.38% случаев от всех подач – нарушения (33.3% от всех нарушений), 3 нарушения – подача по заявке цеха вне графика.

Результаты исследования представлены в табл.2-7.

Таблица 2

Количественный анализ выполнения контактного графика при погрузке

№ графика	Наименование груза	% выполнения
30	Коксовые отходы с ДЦ-1	36.1
24	Колошниковая пыль с ДЦ-1	38.1
36	Отсев агломерата с ДП-3,4	40.2
24	Аспирационная пыль с ДЦ-1	60.0
15	Коксовые отходы с ДЦ-1	61.9
36	Отсев агломерата с ДП-5	64.5
57	Обрeзь с ПХПП	71.0
45	Коксовая мелочь с КХП	71.4
31	Коксовая пыль с КХП	73.7
65	Обрeзь с ПХПП	74.2
33	Коксовые отходы с ДЦ-1	87.1
32	Коксовая пыль с КХП	92.6
51	Обрeзь с ПГП	93.3
25	Известь с ОГЦ № 1, 2	95.2
26	Отсев известняка с ОГЦ № 3	96.8
54	Скрап с КЦ-2	96.8
29	Коксовая мелочь с КХП	98.3
5	Коксовые отходы с ДП-6	98.4
6	Щебeнь	98.4
39	Скрап с КЦ-1	98.9
40	Агломерат	99.5
50	Колошниковая пыль с ДП-6	100
50	Аспирационная пыль с ДП-6	100
28	Коксовая мелочь с КХП	100
36	Отсев агломерата с ДП-6	100
8	Обрeзь с ПГП	100

Продолжение таблицы 2

№ графика	Наименование груза	% выполнения
52	Обрезь с ПГП	100
53	Обрезь с ПГП	100
25	Отсев известняка с ОГЦ № 1, 2	100
26	Известь с ОГЦ № 3	100
60	Оксид железа	100
23	Окалина с ПГП	100
14	Окалина с ЦПМШ	100
58	Окалина с КЦ-2	100
11	Шлам	100
43	Скрап с КЦ-2	100
38	Скрап с КЦ-1	100

Таблица 3

## Количественный анализ выполнения контактного графика при выгрузке

№ графика	Наименование груза	% выполнения
24	Колошниковая, аспирационная пыль с ДЦ-1	25
5	Коксовые отходы с ДП-6	38.7
25	Отсев известняка с ОГЦ № 1, 2	41.9
11	Шлам	63.2
38, 39, 43, 54	Скрап с КЦ-1, КЦ-2	71.9
26	Отсев известняка с ОГЦ № 3	72.6
45	Коксовая мелочь с КХП	83.3
15, 28-32, 33	Коксовые отходы с КХП, ДЦ-1	83.9
14	Окалина с ЦПМШ	85.0
26	Известь с ОГЦ № 3	90.5
8, 51-53, 57, 65	Обрезь с ПГП, ПХПП	92.5
8	Обрезь для ФЛЦ	93.3
25	Известь с ОГЦ № 1, 2	93.55
50	Колошниковая, аспирационная пыль с ДП-6	95.0
23	Окалина с ПГП	95.83
6	Щебень	96.8
40	Агломерат для ДЦ-1	96.9
36	Отсев агломерата с ДЦ-1, ДЦ-2	98.2
40	Агломерат для ДЦ-2	99.6
60	Оксид железа	100
58	Окалина с КЦ-2	100

Таблица 4

## Количество «отказных» от общего количества подач при погрузке

№ графика	Наименование груза	Количество «отказных», %
39	Скрап с КЦ-1	1.08
40	Агломерат	1.2
29	Коксовая мелочь с КХП	1.6
8	Обрезь с ПГП	2.2
33	Коксовые отходы с ДЦ-1	3.2
23	Окалина с ПГП	4.4
36	Отсев агломерата с ДЦ-2, ДП-6	4.8
14	Окалина с ЦПМШ	5.9
51	Обрезь с ПГП	6.7
50	Аспирационная пыль с ДП-6	7.1
52	Обрезь с ПГП	9.7
6	Щебень	11.3

Продолжение таблицы 4

№ графика	Наименование груза	Количество «отказных», %
26	Известь с ОГЦ № 3	11.3
28	Коксовая мелочь с КХП	12.9
53	Обрезь с ПГП	20.0
26	Отсев известняка с ОГЦ № 3	29.0
5	Коксовые отходы с ДП-6	33.9
25	Отсев известняка с ОГЦ № 1, 2	38.7
24	Аспирационная пыль с ДЦ-1	40.0
60	Оксид железа с ПХПП	58.1
32	Коксовая пыль с КХП	81.5

Таблица 5

## Количество «отказных» от общего количества подач при выгрузке

№ графика	Наименование груза	Количество «отказных», %
25	Известь с ОГЦ № 1, 2	3.23
38,39,43,54	Скрап с КЦ-1, КЦ-2	4.17
26	Известь с ОГЦ № 3	4.8
50	Колошниковая, аспирационная пыль с ДП-6	5.0
8	Обрезь для ФЛЦ	6.67
40	Агломерат для ДЦ-1	7.32
6	Щебень	11.3
5	Коксовые отходы с ДП-6	12.9
14	Окалина с ЦПМШ	15.0
23	Окалина с ПГП	20.8
11	Шлам	36.8
60	Оксид железа с ПХПП	64.5

Таблица 6

## Отклонения по количеству вагонов в подаче при погрузке

№ графика	Наименование груза	Отклонение по количеству вагонов в подаче, ваг	Частота возникновения отклонения, в % от общего числа подач
40	Агломерат	- 5	0.5
24	Колошниковая пыль с ДЦ-1	- 2	23.8
26	Известь с ОГЦ № 3	- 1.86	11.3
26	Отсев известняка с ОГЦ № 3	- 1.06	29.0
39	Скрап с КЦ-1	- 1	1.08
6	Щебень	- 1	1.61
24	Колошниковая пыль с ДЦ-1	+ 1	4.76
29	Коксовая мелочь с КХП	+ 1	1.6
26	Отсев известняка с ОГЦ № 3	+ 1	3.23
25	Известь с ОГЦ № 1, 2	+ 1.33	4.84
32	Коксовая пыль с КХП	+ 2	3.7

**Таблица 7**  
**Отклонения по количеству вагонов в подаче при выгрузке**

№ графика	Наименование груза	Отклонение по количеству вагонов в подаче, ваг.	Частота возникновения отклонения, в % от общего числа подач
24	Колошниковая, аспирационная пыль с ДЦ-1	- 1.67	45
15, 28-32, 33	Коксовые отходы с КХП, ДЦ-1	- 2.4	16.1
5	Коксовые отходы с ДП-6	- 1.76	67.7
36	Отсев агломерата с ДЦ-1, ДЦ-2	+ 2	1.8
8, 51-53, 57, 65	Обрезь с ПГП, ПХПП	- 1.14	7.53
25	Известь с ОГЦ № 1, 2	+ 2	3.23
25	Известь с ОГЦ № 1, 2	- 2	1.6
25	Отсев известняка с ОГЦ № 1, 2	- 1.17	58.1
26	Известь с ОГЦ № 3	- 1	6.35
26	Отсев известняка с ОГЦ № 3	+ 1	1.61
26	Отсев известняка с ОГЦ № 3	- 1.5	25.8
6	Щебень	- 1	1.61
11	Шлам	+ 1	5.26
38, 39, 43, 54	Скrap с КЦ-1, КЦ-2	+ 2.89	37.5
38, 39, 43, 54	Скrap с КЦ-1, КЦ-2	- 2.5	33.3

Таким образом, неравномерность основного производства проявляется в колебаниях объемов производства и потребления продукции, в отклонениях начала и окончания грузовых операций от заданных временных параметров. Несогласованность ритмов работы цехов-поставщиков и цехов-потребителей оказывает значительное влияние на величину резерва парка вагонов.

Вследствие увеличения объема производства возрастает потребность в порожних вагонах на фронтах погрузки, происходит концентрация груженых вагонов. В случае, если объем потребления груза останется неизменным, то сложившаяся ситуация приведет к увеличению количества груженых вагонов, вынужденных в течение некоторого промежутка времени находиться в ожидании выгрузки. Это также способствует увеличению межоперационных простоев и занятости станционных путей. Описанная выше ситуация достаточно часто возникала во время проведения настоящего исследования в результате подачи производственными цехами «отказной» от вагонов, подаваемых по контактному графику. В результате, в условиях несовпадения ритмов производственных цехов, транспорт вынужден играть роль «буфера обмена», т.е. иметь запас порожних и груженых вагонов («склад на колёсах»).

Согласно существующей методике разработки

контактных графиков эксплуатационная работа транспорта регламентируется суточным периодом, а ее объём определяется количеством перевезенных вагонов в сутки по формуле [2]

$$N_{ij} = \frac{P_j \cdot K_H^j \cdot \alpha_i}{365 \cdot q_i \cdot K_{ij}^{nc}}, \quad (1)$$

где  $P_j$  – годовой грузопоток  $j$ -го рода груза;  $K_H^j$  – коэффициент неравномерности перевозок  $j$ -го рода груза;  $\alpha_i$  – доля вагонов  $i$ -го типа,  $\alpha_i = 1$ ;  $q_i$  – подъемная сила вагона  $i$ -го типа;  $K_{ij}^{nc}$  – коэффициент использования подъемной силы вагонов  $i$ -го типа для  $j$ -го рода груза.

Однако применение коэффициента неравномерности приводит лишь к тому, что реальную эксплуатационную ситуацию заменяют моделью, в которой производство и транспорт работают ритмично и равномерно относительно друг друга. Расчет производят на равномерные грузопотоки, только увеличенные в  $K_H^j$  раз [3]. Таким образом, применение такой методики расчета потребного парка вагонов для перевозки того или иного груза будет обосновано в том случае, если и производительность цехов, и оборот вагонов будут являться постоянными величинами [4,5].

Значительное отрицательное влияние на качество транспортного обслуживания оказывают отклонения времени выполнения грузовых операций от плановых величин, поскольку для того, чтобы обеспечить своевременную погрузку груза, порожние вагоны необходимо подать на грузовой фронт преждевременно, с опережением по графику. Отклонения времени окончания грузовых операций от графика также весьма значительны (табл. 1). Следствием этого является увеличение времени оборота вагонов по контактному графику.

Время полного технологического оборота поезда, движущегося по контактному графику – «вертушки», рассчитывается по формуле [2]

$$\theta_B = t_{ос}^{zp} + t_{ос}^{nop} + t_{III} + t_{IV}, \quad (2)$$

где  $t_{ос}^{zp}, t_{ос}^{nop}$  – соответственно время движения «вертушки» от пункта погрузки до пункта выгрузки и обратно, мин;  $t_{III}$  – время нахождения «вертушки» в пункте погрузки, мин;  $t_{IV}$  – время нахождения вертушки в пункте выгрузки, мин.

Однако на практике время полного технологического оборота, как правило, больше расчетного, так как имеют место межоперационные простои, возникающие в результате отклонений по времени моментов начала и окончания грузовых операций.

Рабочий парк вагонов для перевозки  $j$ -го рода груза по контактному графику определяется по формуле [2]

$$n_p = \frac{N_j \cdot \theta_B}{24}, \quad (3)$$

где  $N_j = \sum N_{ij}$  – суточное количество вагонов с  $j$ -м грузом.

На практике рабочий парк вагонов рассчитывается

на случай возникновения неблагоприятных условий. В связи с этим в отдельные моменты времени величина рабочего парка вагонов превышает потребности производства (табл. 8).

Таблица 8

**Распределение по дням недели числа вагонов, не участвующих в перевозках**

№ графика	Наименование груза	Дни недели						
		1	2	3	4	5	6	7
24	Колошниковая пыль	-	5	5	5	5	9	9
24	Аспирационная пыль	1	-	1	1	-	1	1
50	Колошниковая пыль ДП-6	3	-	-	3	-	-	3
50	Колошниковая пыль ДП-7	-	-	-	-	-	-	-
50	Аспирационная пыль ДП-6	-	-	-	6	-	6	6
50	Аспирационная пыль ДП-7	-	-	-	-	-	6	6

Первостепенным и наиболее значимым назначением контактного графика является обеспечение непрерывности технологического процесса предприятия и транспортного обслуживания подразделений, которое должно в полной мере удовлетворять потребности производства. С другой стороны, контактный график также должен обеспечивать рациональное использование технических средств транспорта и устройств грузовых фронтов, способствовать улучшению качественных показателей работы железнодорожного транспорта. Необходимо кардинально изменить взгляд на сложившуюся проблему. Лучшего взаимодействия можно добиться только при условии согласованности производственных программ цехов.

Взаимодействие транспорта и производства необходимо понимать не односторонне, когда лишь транс-

**Сведения об авторах**

**Попов Алексей Тимофеевич** – канд. техн. наук, доц., ФГБОУ ВПО «Липецкий государственный технический университет», Россия. Тел.: +7-4742-31-81-71, +7-4742-31-96-63. E-mail: popov@stu.lipetsk.ru.

**Воронина Ольга Владимовна** – аспирант ФГБОУ ВПО «Липецкий государственный технический университет», Россия. Тел.: +7-915-555-00-93. E-mail: lelechka7@bk.ru.

порт подстраивается под функционирование производственных цехов. Следует признать, что на практике взаимодействие производства и транспорта на равных правах пока не получило распространения. И связано это, в первую очередь, с тем, что цели производства не согласованы с целями транспорта. Это приводит к ухудшению показателей в обеих подсистемах промышленного предприятия. Таким образом, процесс взаимодействия промышленного транспорта и производства должен быть двусторонним. Основные цехи, участвуя в решении транспортных проблем и повышающие устойчивую работу транспорта, создают тем самым условия для собственного транспортного обслуживания на более качественном уровне [6]. Все вышеперечисленные факторы в совокупности создают условия для разработки системы организации внутривозовских перевозок, учитывающей условия функционирования как производства, так и транспорта.

**Список литературы**

1. Баланчук Г.С., Куртуков Я.М. Технология работы железнодорожного транспорта металлургических заводов. М.: Металлургия, 1985. 256 с.
1. Акулиничев В.М. Организация перевозок на промышленном транспорте. М.: Высшая школа, 1983. 247 с.
2. Кудряшова М.С. Совершенствование организации технологических перевозок в транспортных системах металлургических комбинатов: дис. ... канд. техн. наук / МИИТ. М.: МИИТ, 1985.
3. Попов А.Т., Котова И.В. Оптимизация структуры парка для металлургов // Мир транспорта. 2010. №3. С.114-120.
4. Попов А.Т., Котова И.В. Оптимизация структуры парка подвижного состава для отгрузки металлопродукции в условиях динамики производства и оборота вагонов по внешней сети // Современные проблемы транспортного комплекса России. 2011. №1. С. 75-81.
5. Андриянов В.И., Трофимов С.В. Сущность проблемы взаимодействия производства и промышленного транспорта // Вестник ВНИИЖТ. 2003. №3. С.34-38.

**INFORMATION ABOUT THE PAPER IN ENGLISH**

**CURRENT ORGANIZATION PROBLEMS OF INTERNAL TRANSPORTATION IN IRON AND STEEL WORKS CONDITIONS**

**Popov Aleksey Timofeevich** – Ph.D. (Eng.), Associate Professor, Lipetsk State Technical University, Russia. Phone: +7-4742-31-81-71, +7-4742-31-96-63. E-mail: popov@stu.lipetsk.ru.

**Voronina Olga Vadimovna** – Postgraduate Student, Lipetsk State Technical University, Russia. Phone: +7-915-555-00-93. E-mail lelechka7@bk.ru.

**Abstract.** In this article, formulated the existing principles of organization of intra factory transport in the context of metallurgical combine and analyze the problems arising in the implementation of the adopted by the organization of these transports.

**Keywords:** internal transportation, the principles, organization.

**References**

1. Balandjuk G.S., Kurtukov Ja.M. Tehnologija raboty zheleznodorozhnogo transporta metallurgicheskikh zavodov [Industrial enterprises railway transport technology]. Moscow: Metallurgy, 1985, 256 p.
2. Akulnichev V.M. Organizacija perevozok na promyshlennom transporte. [Organization of transportation at industrial transport]. Moscow: Vysshaja shkola, 1983, 247 p.
3. Kudrjashova M.S. Sovershenstvovanie organizacii tehnologicheskikh perevozok v transportnyh sistemah metallurgicheskikh kombinatov: dissertation. [Improving technology transport organization at the metallurgical

- enterprises transport system: the dissertation]. Moscow: MIIT, 1987.
4. Popov A.T., Kotova I.V. Optimizacija struktury parka dlja metallurgov [Optimization of rolling stock structure for metallurgy] // Mir transporta [World of Transport], 2010, no.3, pp.114-120.
5. Popov A.T., Kotova I.V. Optimizacija struktury parka podvizhnogo sostava dlja otgruzki metalloprodukcii v uslovijah dinamiki proizvodstva i obrota vagonov po vneshej seti [Optimization of rolling stock structure for loading steel products in the conditions of production dynamics and railcars turnover on outage net] // Sovremennye problemy transportnogo kompleksa Rossii [Modern Problems of Russia Transport Complex]. 2011, no.1, pp. 75-81.
6. Andrianov V.I., Trofimov S.V. Sushhnost' problemy vzaimodejstvija proizvodstva i promyshlennogo transporta [Production and industrial transport interaction problems] // Vestnik VNIIZhT [Vestnik of the Railway Research Institute]. 2003, no.3. pp. 34-38.

УДК 656.081

Платов А.А.

## АНАЛИЗ АВАРИЙНОСТИ И ПРИЧИН ВОЗНИКНОВЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ ПРОИСШЕСТВИЙ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ПЕРЕЕЗДАХ

**Аннотация.** В данной статье представлен анализ аварийности на железнодорожных переездах Российской Федерации за истекшие 20 лет. На основании данного анализа описаны основные причины возникновения дорожно-транспортных происшествий на железнодорожных переездах.

**Ключевые слова:** дорожно-транспортное происшествие, железнодорожный переезд, анализ аварийности.

Состояние безопасности движения на железнодорожных переездах находится под постоянным вниманием Правительства Российской Федерации, Федерального агентства железнодорожного транспорта и ОАО «Российские железные дороги».

За прошедшие 20 лет наблюдается не только стабилизация обстановки на железнодорожных переездах Российской Федерации, но и некоторое снижение показателей аварийности. Этому также способствует и уменьшение количества переездов на сети дорог (табл.1,2, рис.1).

При сокращении общего числа переездов на 4748 ед. (на 30%) общее количество дорожно-транспортных происшествий на переездах (ДТП) в регионах железных дорог снижено на 259 случаев или на 51% [1]. На 0,9 снижен показатель количества ДТП, отнесенного на 100 переездов.

Сокращено количество пострадавших в ДТП на 227 человек (55.6%), погибших на 92 человек (61.7%), (рис.2). Снижено значение показателя тяжести последствий на 5.03 (13.7%).

Снизилось количество столкновений с пассажирскими поездами на 53 случая (40.1%) и с одиночными локомотивами на 31 случай (44.3%).

Тем не менее, в 2012 г. при сокращении общего числа переездов в сравнении с 2011 г. на 85 ед. (0.8%) общее количество ДТП в регионах железных дорог увеличилось на 28 случаев или на 12% [2].

В 2012 г. самый низкий уровень ДТП зарегистрирован на переездах в регионе Калининградской железной дороги, он составляет всего 2 случая.

Уменьшилось общее количество ДТП в регионах Октябрьской, Московской, Забайкальской и Южно-Уральской железных дорог. В регионах Калининградской и Дальневосточной железных дорог увеличения количества ДТП не допущено. Наибольшее снижение общего количества ДТП произошло в регионе Октябрьской железной дороги на 10 случаев или на 27.7%. По количеству ДТП, отнесенному на 100 переездов, снижение произошло в регионах железных дорог: Октябрьской, Московской, Южно-Уральской и Забайкальской (табл. 3).

На 29 случаев (12.5%) увеличилось количество ДТП по причине проезда водителями красных сигналов переездных светофоров.

Увеличилось количество ДТП, совершаемых водителями транспортных средств, принадлежащих

физическим лицам, на 12 случаев или на 5.3%. Сокращено количество пострадавших в ДТП на 10 человек (5.3%), но увеличилось число погибших на 8 человек (14%).

Увеличилось число пострадавших транспортных средств, в том числе легковых автомобилей на 14 ед. (7.4%), грузовых на 6 ед. (15%) и прочих транспортных средств на 7 ед. (18%).

Количество поврежденных секций локомотивов осталось без изменения, уменьшилось количество поврежденных вагонов на 38 ед. (47%).

Из приведенных на рис. 3 данных следует, что максимальное количество ДТП допущено в понедельник – 44 случая или 17.1%. Далее идут воскресенье – 40 ДТП или 15.6%, среда и четверг – по 36 ДТП (14.6%) и суббота – 35 ДТП или 13.6%. Минимальное количество ДТП приходится на вторник и пятницу.

256 ДТП или 91% совершены водителями на переездах, 25 ДТП или 9% – произошли вне переездов.

В табл. 4 представлено распределение числа ДТП по роду поездов за 2012г.

Необходимо отметить, что в сумме количество ДТП с пассажирскими поездами и одиночными локомотивами составляет 117 случаев или 45.7%, что ниже количества ДТП с грузовыми поездами на 8.2%.

Приходится констатировать, что водители, подъезжая к переезду и видя голову приближающегося к переезду поезда, не могут определить его род и действительную скорость. И, несмотря на красные огни переездных светофоров и звуковую сигнализацию, выезжают на переезд. Можно лишь предположить, что ранее, когда к переезду приближался грузовой поезд с невысокой скоростью, водителям удавалось совершать нарушение без последствий, что сформировало привычку безнаказанного нарушения правил. Известно, что скорость движения пассажирских поездов и одиночных локомотивов значительно превышают скорость движения грузовых поездов. В итоге, при меньшем проценте пассажирских поездов и одиночно следующих локомотивов, количество ДТП с такими поездами больше, чем с грузовыми.

Количество ДТП, совершаемых водителями по времени суток, приведено в табл.5. Как и в прошедшие годы, максимальное количество ДТП приходится на период времени с 12 до 19 часов, т.е. на рабочее время: 104 ДТП или 46.6%. Наименьшее количество ДТП совершается в период с 19 до 24 часов.

Таблица 1

## Показатели безопасности движения на железнодорожных переездах за период 1993-2003 гг.

Показатели	Годы										
	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Общее кол-во переездов	15862	15699	15459	15182	14801	14159	13581	13252	13054	12816	12660
Общее кол-во ДТП	515	487	414	406	433	368	364	322	312	316	330
ДТП на 100 переездов	3.25	3.10	2.68	2.67	2.93	2.60	2.68	2.43	2.39	2.47	2.61
Кол-во пострадавших	408	413	384	347	377	276	290	291	345	338	343
В том числе погибших	149	152	139	124	127	116	104	82	132	121	127
Тяжесть последствий	36.52	36.80	36.20	35.73	33.69	42.03	35.86	28.18	38.26	35.80	37.03
Пострадавших на 100 переездов	2.57	2.63	2.48	2.29	2.55	1.95	2.14	2.20	2.64	2.64	2.71
Погибших на 100 переездов	0.94	0.97	0.90	0.82	0.86	0.82	0.77	0.62	1.01	0.94	1.00
Кол-во переездов с деж. работниками	3425	3370	3273	3171	3062	2921	2848	2774	2742	2599	2537
Кол-во ДТП на таких переездах	113	86	68	60	83	59	59	45	45	57	52
ДТП на 100 таких переездов	3.30	2.55	2.08	1.89	2.71	2.02	2.07	1.62	1.64	2.19	2.05
Кол-во переездов без деж. работников	12437	12329	12186	12011	11739	11238	10733	10478	10312	10217	10123
Кол-во ДТП на таких переездах	402	401	346	340	350	309	305	277	267	259	270
ДТП на 100 таких переездов	3.23	3.25	2.84	2.83	2.98	2.75	2.84	2.64	2.59	2.53	2.67
ДТП с автобусами	18	12	11	8	9	7	2	10	5	3	4
ДТП с пассаж. поездами	132	129	148	131	139	113	134	99	126	117	98
ДТП с одиночными локомотивами	н/д	69	55	62	56	47	39	41	31	25	36
Столкновения вне переездов	н/д	22	24	11	9	8	8	6	7	3	3
Перерыв движения (в часах)	н/д	249	242	198	233	165	141	140	210	200	207

Таблица 2

## Показатели безопасности движения на железнодорожных переездах за период 2004-2012 гг.

Показатели	Годы										± к 1993г.	
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	Кол-во	%	
Общее кол-во переездов	12384	12139	11947	11746	11569	11432	11313	11199	11114	-4748	-29.93	
Общее кол-во ДТП	288	237	232	232	226	202	260	228	256	-259	-50.29	
ДТП на 100 переездов	2.33	1.95	1.94	1.98	1.95	1.77	2.30	2.04	2.30	-0.94	-29.06	
Кол-во пострадавших	254	187	243	206	198	154	230	191	181	-227	-55.64	
В том числе погибших	72	69	87	56	69	48	72	49	57	-92	-61.74	
Тяжесть последствий	28.35	36.90	35.80	27.18	34.85	31.17	31.30	25.65	31.49	-5.03	-13.77	
Пострадавших на 100 переездов	2.05	1.54	2.03	1.75	1.71	1.35	2.03	1.71	1.63	-0.94	-36.69	
Погибших на 100 переездов	0.58	0.57	0.73	0.48	0.60	0.42	0.64	0.44	0.51	-0.43	-45.40	
Кол-во переездов с деж. работниками	2477	2452	2419	2401	2392	2375	2347	2349	2360	-1065	-31.09	
Кол-во ДТП на таких переездах	44	37	21	17	20	19	10	14	18	-95	-84.07	

Продолжение таблицы 2

Показатели	Годы										± к 1993г.	
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	Кол-во	%	
ДТП на 100 таких переездов	1.78	1.51	0.87	0.71	0.84	0.80	0.43	0.60	0.76	-2.54	-76.88	
Кол-во переездов без деж. работников	9907	9687	9529	9345	9225	9057	8966	8850	8754	-3683	-29.61	
Кол-во ДТП на таких переездах	244	200	211	215	206	183	250	214	238	-164	-40.80	
ДТП на 100 таких переездов	2.46	2.06	2.21	2.30	2.23	2.02	2.79	2.42	2.72	-0.51	-15.89	
ДТП с автобусами	7	3	7	4	3	5	7	4	3	-15	-83.33	
ДТП с пассаж. поездами	102	70	70	62	73	71	79	81	79	-53	-40.15	
ДТП с одиночными локомотивами	49	26	35	26	30	23	38	37	38	-31*	-44.93	
Столкновения вне переездов	8	11	24	25	17	18	17	26	25	3*	13.64	
Перерыв движения (в часах)	245.3	130.77	123.1	86	176	212	205	195	215	-34*	-13.65	

\* сравнение дано к 1994 году, для 1993 года эти показатели в отчетах не представлены.

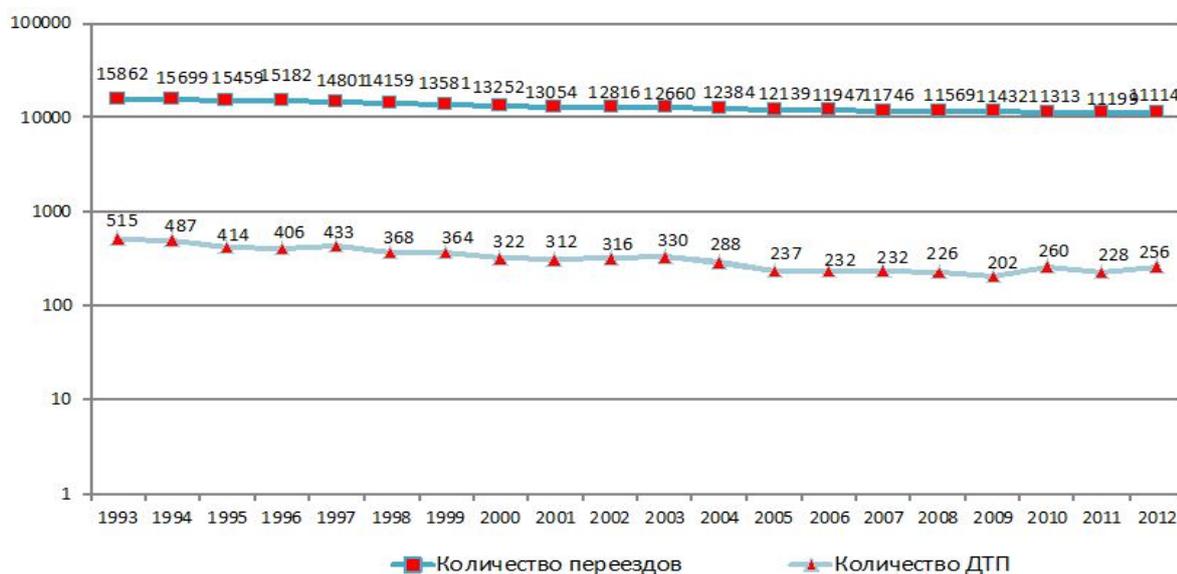


Рис. 1. Динамика количества железнодорожных переездов и ДТП на них за период 1993-2012 гг.

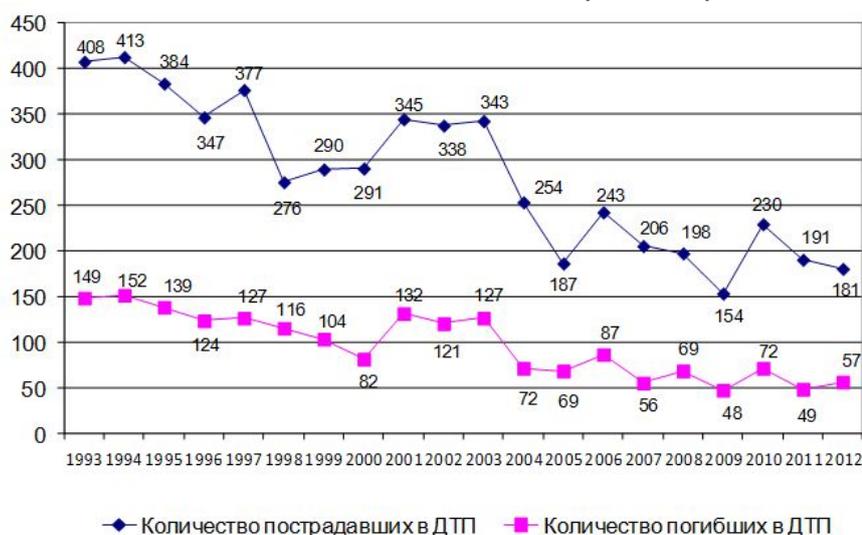


Рис. 2. Динамика количества пострадавших и погибших в ДТП на железнодорожных переездах за период 1993-2012 гг.

Максимальное количество ДТП на переездах происходит по причине игнорирования водителями транспортных средств требований запрещающих сигналов переездной сигнализации.

В условиях нормальной видимости переездных светофоров и приближающихся к переезду поездов, многие водители транспортных средств проезжают красные сигналы светофоров и выезжают на настил переезда. При этом скорость движения транспортных средств в момент столкновения относительно невысока, что позволяет сделать вывод об имеющихся у водителей возможностях предотвратить ДТП на переездах.

Таблица 3

**Данные о количестве ДТП на железнодорожных переездах в 2012 году  
в сравнении с 2011 годом**

Железные дороги	Количество переездов		Количество ДТП					
	2011	2012	Всего		± к 2011	На 100 переездов		± к 2011
			2011	2012		2011	2012	
Октябрьская	1562	1560	36	26	-10	2,3	1,6	-0,6
Калининградская	191	191	2	2	0	1	1	0
Московская	1551	1527	32	31	-1	2	2	-0,033
Горьковская	914	911	20	21	1	2	2	0,11
Северная	697	693	11	18	7	1,5	2,5	1,019
Северо-Кавказская	913	911	34	36	2	3,7	3,9	0,22
Юго-Восточная	831	833	9	11	2	1,08	1,3	0,23
Приволжская	546	550	6	15	9	1,09	2,7	1,62
Куйбышевская	667	658	11	13	2	1,6	1,9	0,32
Свердловская	528	522	6	17	11	1,13	3,25	2,12
Южно-Уральская	468	454	12	11	-1	2,5	2,4	-0,14
Запад.-Сибирская	805	799	9	11	2	1,1	1,3	0,25
Красноярская	307	307	7	9	2	2,2	2,9	0,65
Вост.-Сибирская	241	234	5	9	4	2,07	3,8	1,7
Забайкальская	320	309	16	14	-2	5	4,5	-0,46
Дальневосточная	658	655	12	12	0	1,8	1,8	0,008
Итого по сети	11199	11114	228	256	28	2,035	2,303	0,26

Таблица 4

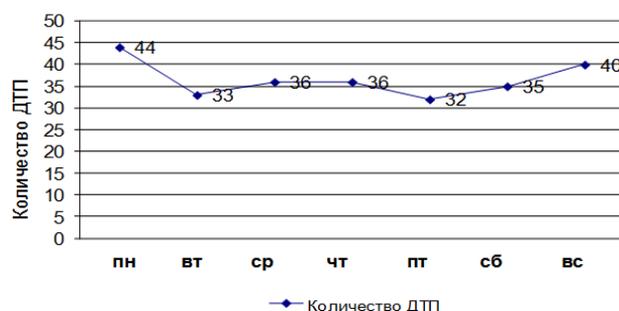
**Распределение количества ДТП по роду поездов**

Показатели	Род поездов				Всего
	Пассажирские	Грузовые	Одиночные локомотивы	Дрездины	
Количество ДТП	79	138	38	1	256
%%	30,8	53,9	14,8	0,39	100

Таблица 5

**Распределение количества ДТП по времени суток**

Показатели	Периоды времени суток, часы				Всего
	0-7	7-12	12-19	19-24	
Количество ДТП	51	58	104	43	256
%%	19,9	22,7	40,6	16,8	100



**Рис. 3. Распределение общего количества ДТП по дням недели**

Большое количество ДТП (до 80%) совершается водителями – физическими лицами.

Участились случаи столкновений транспортных средств вне переездов. Необходимо выявлять такие места и проводить работы по их ограждению.

Главное внимание в проведении профилактической работы по предупреждению ДТП на переездах должно быть сосредоточено на повышении качества воспитательной работы с водителями, начиная с теоретической и практической подготовки и заканчивая повышением их ответственности за нарушения правил на переездах.

**Список литературы**

1. Платов А.А. Анализ принимаемых мер по обеспечению безопасности движения на железнодорожных переездах в Российской Федерации за прошедшие 20 лет и пути дальнейшего снижения аварийности при влиянии на отдельные элементы системы «Человек-Локомотив-Железнодорожный переезд-Окружающая среда» // Материалы VI междунар. науч.-техн. конф. «Наука и образование транспорту», 2013.
2. Официальный сайт ОАО «РЖД». URL: <http://rzd.ru>.

**Сведения об авторе**

**Платов Алексей Александрович** – аспирант, начальник Центра автоматизированной фиксации административных правонарушений в области дорожного движения ГИБДД ГУ МВД России по Самарской области, г. Самара, Россия. Тел.: +7-902-335-96-99. E-mail: [platov@bk.ru](mailto:platov@bk.ru).

## ACCIDENT RATE ANALYSIS AND CAUSES OF TRAFFIC ACCIDENTS AT RAILROAD CROSSING

**Platov Aleksey Aleksandrovich** – Postgraduate Student, Head of the Center for Automated Fixing of Administrative Violations in the Field of Road Traffic Police Chief Directorate of the MIA of Russia in Samara Region, Samara, Russia. Phone: +7-902-335-96-99. E-mail: platov@bk.ru.

**Abstract.** This article covers the analysis of accidents at railway crossings of the Russian Federation over the past 20 years. On the basis of this analysis describes the main causes of road traffic accidents at railway crossings.

**Keywords:** traffic accident, the railway crossing, the accident rate analysis.

## References

1. Platov A.A. Analiz prinimaemyh mer po obespecheniju bezopasnosti dvizhenija na zheleznodorozhnyh pereezdah v Rossijskoj Federacii za proshedshie 20 let i puti dal'nejshego snizhenija avarijnosti pri vlijanii na
2. Oficial'nyj sajt OAO «RZhD» [JSC «Russian Railways» official internet site]. URL: <http://rzd.ru>.

otdel'nye jelementy sistemy «Chelovek – Lokomotiv – Zheleznodorozhnyj pereezd - Okruzhajushhaja sreda» [Analysis of measures to ensure safety at level crossing in Russian Federation over the past 20 years, and the ways of decrease in accident rate at influence on elements of «Person – Locomotive – Railway Crossing – Environment» system] // Materialy VI mezhdunar. nauch. – tehn. konf. «Nauka i obrazovanie transportu» [Proceeding of VI International scientific and practical conference «Science and education to transport»], 2013.

УДК 622.271.3.012.3/013

Бурмистров К.В., Шакшакпаев А.Н., Осинцев Н.А., Бурмистрова И.С.

## ВЛИЯНИЕ ШИРИНЫ ТРАНСПОРТНОЙ БЕРМЫ НА ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КАРЬЕРА

**Аннотация.** В статье рассмотрена актуальная проблема выбора горнотранспортного оборудования для открытых горных работ. Определено влияние ширины транспортной бермы на параметры карьера и объем извлекаемой из карьера горной массы.

**Ключевые слова:** карьерный транспорт, открытые горные работы, карьерный автосамосвал, транспортная берма, объемы выемки.

## Введение

В настоящее время в России открытым способом добывается более 80% железной руды, более 70% руд цветных металлов и почти 100% неметаллических полезных ископаемых и строительных материалов [9]. Интенсивное развитие открытых горных работ в России во второй половине прошлого столетия привело к ухудшению горно-геологических условий разработки и увеличению количества глубоких и сверхглубоких карьеров.

Это диктует необходимость вовлекать в разработку все более глубокие горизонты, а также месторождения с низким содержанием полезных компонентов, целесообразность разработки которых достигается путем обеспечения высокой производительности карьера. При проектной глубине открытых горных работ на рудных месторождениях свыше 700 м и объемах транспортирования горной массы в десятки миллионов тонн ежегодно, на карьерах будет существенно возрастать транспортная работа. В таких условиях расходы на транспортирование горной массы составляют 40-60% и более от себестоимости добычи полезного ископаемого [1, 2, 3, 6]. Поэтому вопросы выбора и организации эффективной работы карьерного транспорта являются актуальными и их решение в значительной степени определит эффективность проектов освоения месторождений.

## Исследование зависимости изменения объемов извлекаемой горной массы от ширины транспортной бермы

В настоящее время около 80% всего объема горной массы из карьеров перевозится с использованием автомобильного транспорта [7]. Несмотря на высокие эксплуатационные затраты, использование автомобилей-самосвалов в карьерах имеет ряд преимуществ по сравнению с железнодорожным транспортом [1, 7]: высокая маневренность и подвижность; большие уклоны и малые радиусы закругления дорожных трасс; более низкие капитальные затраты на строительство карьера.

Анализ практического опыта выбора моделей автосамосвалов для работы в карьере показывает [2, 10], что при выборе руководствуются следующими основными факторами: сочетание параметров выемочно-погрузочного и транспортирующего оборудования; стоимость единицы транспортного средства; наличие центров по обслуживанию техники или обучению собственного персонала и др. Такой фактор, как габаритные размеры автосамосвала, учитывается слабо, однако именно он определяет ширину транспортной бермы, которая, в свою очередь, оказывает влияние на конструкцию борта карьера и соответственно объемы извлекаемой горной массы.

Авторами настоящей статьи были проведены исследования, направленные на определение зависимо-

сти изменения объемов извлекаемой горной массы от ширины транспортной бермы для различных моделей автомобилей-самосвалов и классов их грузоподъемности. Анализ рынка спроса на карьерные самосвалы в РФ показал, что наибольшая доля приходится на продукцию автомобильного завода БелАЗ – 94% от общего количества (рис. 1). Среди зарубежных производителей лидерами являются Caterpillar (3%) и Komatsu (2%).

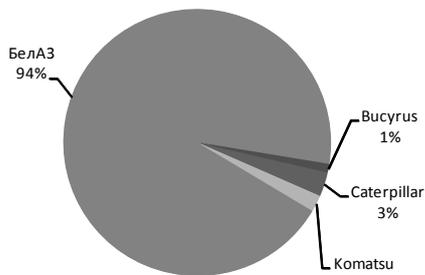


Рис. 1. Распределение автосамосвалов на карьерах в РФ по производителям

В настоящее время российский рынок карьерных самосвалов насчитывает свыше 9 тыс. автомобилей грузоподъемностью от 30 до 360 т (рис. 2). Распределение карьерных самосвалов зарубежных производителей грузоподъемностью 50–220 т представлено на рис. 3 [5].

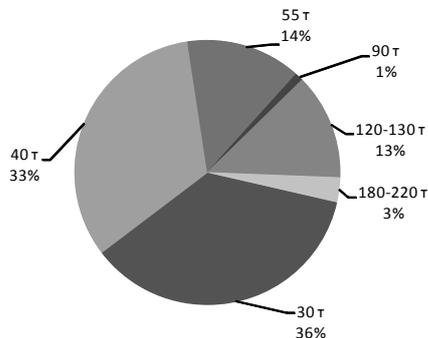


Рис. 2. Распределение карьерных самосвалов в РФ по грузоподъемности

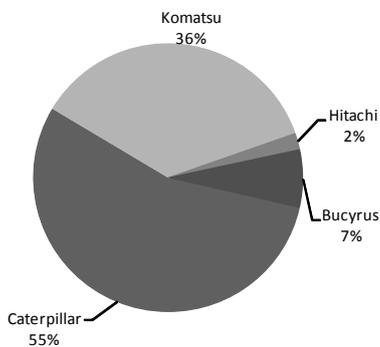


Рис. 3. Распределение карьерных самосвалов иностранных производителей грузоподъемностью 50–220 т (за 1997–2010 гг.)

В качестве данных для исследования использовались характеристики автосамосвалов Caterpillar, Komatsu, БелАЗ, Hitachi. Исследования производились для следующих классов грузоподъемности: 40–45 т; 90–100 т; 135–140 т; 180–220 т.

Наибольшее внимание в исследованиях уделено автосамосвалам грузоподъемностью до 45 т, в связи с их распространенностью на Российском рынке (их доля составляет около 70% от общего числа самосвалов), и автосамосвалам грузоподъемностью 180–220 т, в связи с перспективностью данных моделей, обусловленной общей тенденцией рынка на увеличение единичной мощности самосвалов. Данная тенденция имеет экономическое обоснование – при увеличении грузоподъемности со 100 до 300 тонн расходы на транспортировку снижаются на 25%. В настоящее время автомобильный транспорт, при грузоподъемности 220 т и более, может обеспечить практически любую производительность карьера по горной массе – до 200 млн т в год и более [7].

Исходя из габаритных размеров (ширины) карьерных самосвалов различных производителей в одинаковых классах по грузоподъемности, была рассчитана необходимая ширина транспортной бермы в соответствии с требованиями [4, 8]. Результаты расчетов представлены в табл. 1.

Результаты расчетов показали, что в зависимости от класса, для различных моделей карьерных самосвалов ширина транспортной бермы различается на 5–20%. Изменение ширины транспортной бермы приведет к изменению конструкции и параметров бортов карьера. При увеличении ширины транспортной бермы и соответствующем уменьшении угла наклона борта карьера потребуется его разнос и увеличение объемов выемки горной массы из карьера.

Для оценки влияния изменения ширины транспортной бермы на объемы вынимаемой горной массы были проведены исследования для условной модели карьера со следующими параметрами: глубина – 420 метров; угол откоса борта – 43 градуса; угол откоса нерабочего уступа 65 градусов. Расчеты производились для условий использования автосамосвалов различных моделей при двухполосной схеме движения, обеспечивающей высокую интенсивность работы автотранспорта (рис. 4).

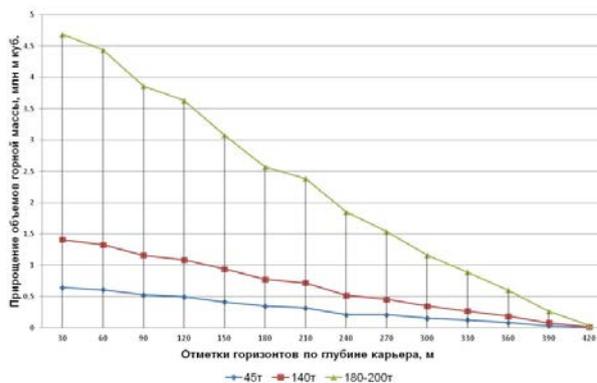


Рис. 4. Изменение погоризонтных объемов выемки горной массы по глубине карьера

При подсчете затрат на выемку горной массы были приняты усредненные стоимостные показатели по горнодобывающим предприятиям Уральского региона. Результаты расчетов представлены на рис. 5. Результаты расчета изменения объемов горной массы и затрат на их выемку для различных классов грузоподъемности самосвалов представлены в табл. 2.

**Заключение**

Проведенные исследования показывают, что слабый учет габаритных размеров карьерных автомобилей-самосвалов при выборе техники для открытых

горных работ приводит к увеличению объемов выемки вскрышных пород и соответствующему увеличению себестоимости добычи полезного ископаемого. С увеличением грузоподъемности самосвалов разница в объемах выемки возрастает. Дополнительные затраты на выполаживание бортов карьера значительно превышают разницу в стоимости самосвалов различных производителей. Таким образом, габаритные размеры автомобилей самосвалов имеют важнейшее значение при формировании парка карьерной техники.

Таблица 1

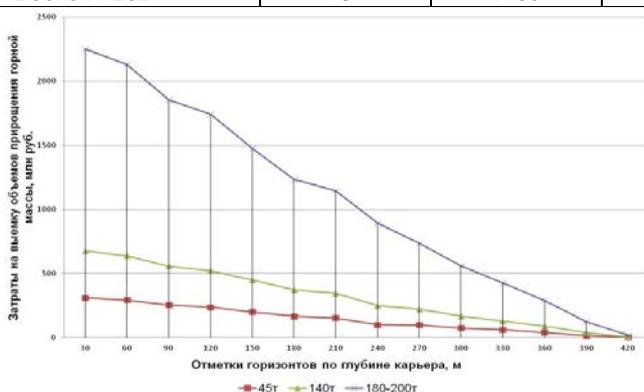
**Результаты расчета ширины транспортной бермы карьерных самосвалов различных классов грузоподъемности**

Производитель	Грузоподъемность, т	Ширина самосвала, м	Расчетная ширина однополосной проезжей части, м	Расчетная ширина двуполосной проезжей части, м	Ширина транспортной бермы, м
Грузоподъемность 40-50 т					
Cat 772	45	3927	6.5	12.0	19.7
Hitachi EH 750	38	4370	6.0	13.5	20.7
БелАЗ 7547	45	4110	5.5	13.0	20.2
Komatsu HD 405-6	41	3660		11.5	19.2
Грузоподъемность 90-100 т					
Cat 777F	91	5223	7.5	22.5	24.2
Komatsu HD 785-7	91	5050	7.5	21.5	23.2
БелАЗ 75570	90	5400	7.5	23.0	24.7
Hitachi EH	90-98	5310		23.0	24.7
Грузоподъемность 140 т					
Cat 785C	136	6257	8.5	25.5	28.6
Komatsu HD 1500-7	141	5985	9.5	25	28.1
БелАЗ 75137	136	7000	9.0	29	32.3
Komatsu 1200-1	140	6640		27	30.3
Грузоподъемность 156-172 т					
Komatsu HD 1600 M-1	160	7100	9.5	29	37.4
БелАЗ 75 174	160	6850	9.0	28	36.4
Komatsu 630E	172	6655	9.0	27	35.4
Hitachi EH 3000	156	6290	11	26	34.4
Cat 793 D	218	7600	11	31	39.7
БелАЗ 7530	180-200	7820	9	35	43.7
Hitachi 3500	193	6370	10	26	34.7
Liebherr T252	181	7100		29	37.7

Таблица 2

**Показатели изменения ширины транспортной бермы в зависимости от грузоподъемности самосвалов**

Показатель	Класс грузоподъемности самосвалов, т				
	40-50	90 - 100	140	156 - 172	> 180
Разница ширины самосвалов, мм	701	350	1015	810	1450
Разница объемов разноса борта, млн м <sup>3</sup>	3.828	1.913	5.103	5.741	8.293
Дополнительные затраты на разнос борта, млн руб.	765.5	382.8	1020	1148	1659



**Рис. 5. Изменение затрат на выемку горной массы для различной ширины транспортной бермы от глубины карьера**

## Список литературы

1. Васильев М.В. Транспорт глубоких карьеров. М.: Недра, 1983. 295 с.
2. Гавришев С.Е., Бурмистров К.В., Кидяев В.А. Использование преимуществ карьерного комбинированного транспорта при открыто-подземной разработке месторождений // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2010. №3. С. 25-28.
3. Осинцев Н.А. Безопасность транспортно-технологических процессов открытых горных работ. Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2010. 115 с.
4. СНиП 2.05.07-91\*. Промышленный транспорт. Госстрой СССР. М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1992. 119 с.
5. Информационно-аналитический портал «Горное дело». URL <http://www.gornoe-delo.ru>. Дата обращения 05.06.2014.
6. Цыганов А.В., Осинцев Н.А., Гавришев С.Е., Рахмангулов А.Н. Формирование технологических схем безопасной работы карьеров. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2014. 167 с.
7. Мариев П.Л., Кулешов А.А., Егоров А.Н., Зырянов И.В. Карьерный автотранспорт: состояние и перспективы. СПб: Наука, 2004. 429 с.
8. Свод правил СП 37.13330.2012. Промышленный транспорт. Актуализированная редакция СНиП 2.05.07-91\*. М.: Минрегион России, 2012. 196 с.
9. Гавришев С.Е., Бурмистров К.В., Колонюк А.А. Интенсивность формирования рабочей зоны глубоких карьеров. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2012. 189 с.
10. Бурмистров К.В., Кидяев В.А., Томилина Н.Г., Гавришев С.Е. Применение ресурсосберегающих технологических схем транспортирования горной массы на заключительных этапах открытых горных работ // Современные проблемы транспортного комплекса России. 2013. №3. С. 168-179.

## Сведения об авторах

**Бурмистров Константин Владимирович** – канд. техн. наук, доц., ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», Россия. Тел.: +7-3519-29-85-56. E-mail: burmistrov\_kv@mail.ru.

**Шакшакаев Арман Николаевич** – аспирант, ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», Россия. Тел.: +7-3519-29-85-56. E-mail: wanderer56@ya.ru.

**Осинцев Никита Анатольевич** – канд. техн. наук, доц., ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», Россия. Тел.: +7-3519-29-85-16. E-mail: osintsev@magtu.ru.

**Бурмистрова Ирина Сергеевна** – магистрант кафедры «Промышленный транспорт» ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», Россия. Тел.: +7-3519-29-85-16. E-mail: burmistrova\_is@mail.ru.

## INFORMATION ABOUT THE PAPER IN ENGLISH

## WIDTH INFLUENCE OF TRANSPORT BERM TO THE TECHNICAL AND ECONOMIC INDICATORS OF QUARRY

**Burmistrov Konstantin Vladimirovich** – Ph.D. (Eng.), Associate Professor, Nosov Magnitogorsk State Technical University, Russia. Phone: +7-3519-29-85-56. E-mail: burmistrov\_kv@mail.ru.

**Shakshakpaev Arman Nikolaevich** – Postgraduate Student, Nosov Magnitogorsk State Technical University, Russia. Phone: +7-3519-29-85-56. E-mail: wanderer56@ya.ru.

**Osintsev Nikita Anatolievich** – Ph.D. (Eng.), Associate Professor, Nosov Magnitogorsk State Technical University, Russia. Phone: +7-3519-29-85-16. E-mail: osintsev@magtu.ru.

**Burmistrova Irina Sergeevna** – Undergraduate Student, Nosov Magnitogorsk State Technical University, Russia. Phone: +7-3519-29-85-16. E-mail: burmistrova\_is@mail.ru.

**Abstract.** The article considers the problem of choosing the actual mining equipment for open pit mining. The influence of the width of the transports berm on the open pit parameters and the amount extracted from the quarry rock.

**Keywords:** mining transport, open pit mine, dump truck, transport area, volumes of overburden.

## References

1. Vasil'ev M.V. Transport glubokih kar'erov [Transport of deep pits]. Moscow: Nedra, 1983, 295 p.
2. Gavrishchev S.E., Burmistrov K.V., Kidjaev V.A. Ispol'zovanie preimushhestv kar'ernogo kombinirovannogo transporta pri otkryto-podzemnoj razrabotke mestorozhdenij [Applying the advantage of the career combined transport in open-Underground mining] // Vestnik Magnitogorskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta im. G.I. Nosova [Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University]. 2010, no.3, pp. 25-28.
3. Osintsev N.A. Bezopasnost' transportno-tehnologičeskikh processov otkrytyh gornyh rabot [Transport and technological processes of open mining operations safety]. Magnitogorsk: FSBEI HPE «MSTU», 2010, 115 p.
4. SNIP 2.05.07-91\* Promyshlennyj transport. Gosstroj SSSR [Industrial transport. USSR State Building]. Moscow: ITP USSR State Construction Committee, 1992, 119 p.
5. Informacionno-analiticheskij portal «Gornoe delo» [Information and analytical portal «Mining»]. Available: <http://www.gornoe-delo.ru> [2014, June 5].
6. Cyganov A.V., Osintsev N.A., Gavrishchev S.E., Rahmangulov A.N. Formirovanie tehnologičeskikh shem bezopasnoj raboty kar'erov: monografija [The formation of technological schemes for the safe operation of quarries: a monograph]. Magnitogorsk: Magnitogorsk State Technical University, 2014, 167 p.
7. Mariev P.L., Kuleshov A.A., Egorov A.N., Zyrjanov I.V. Kar'ernyj avtotransport: sostojanie i perspektivy [Open pit vehicles: Status and Prospects]. St. Petersburg: Science, 2004, 429 p.
8. SP 37.13330.2012. Promyshlennyj transport [Industrial Transport]. Moscow: Minregion RF, 2012, 196 p.
9. Gavrishchev S.E., Burmistrov K.V., Kolonjuk A.A. Intensivnost' formirovanija rabochej zony glubokih kar'erov [The intensity of the formation of the working area of deep pits]. Magnitogorsk: Magnitogorsk State Technical University, 2012, 189 p.
10. Burmistrov K.V., Kidjaev V.A., Tomilina N.G., Gavrishchev S.E. Primenenie resursosberegajushih tehnologičeskikh shem transportirovanija gornoj massy na zaključitel'nyh etapah otkrytyh gornyh rabot [The use of resource flow diagrams transportation of rock mass in the final stages of open cast mining] // Sovremennye problemy transportnogo kompleksa Rossii [Modern Problems of Russia Transport Complex], 2013, no.3, pp.168-179.

УДК. 622.831.3

Кравчук Т.С., Пыталев И.А.

## ОРГАНИЗАЦИЯ БЕЗОПАСНОГО ДВИЖЕНИЯ ТРАНСПОРТА В КАРЬЕРЕ «ДЖУСИНСКИЙ» В ПЕРИОД ЕГО ДОРАБОТКИ

**Аннотация.** В статье приведен опыт организации движения автомобильного транспорта в стесненных условиях на нижних горизонтах глубокого карьера. Представлены профили автодорог для различных условий движения.

**Ключевые слова:** безопасность движения, стесненные условия, карьер, доработка запасов.

Джусинское колчеданно-полиметаллическое месторождение расположено на территории Адамовского района Оренбургской области в 70 км к северо-востоку от г. Орск и в 5 км к юго-западу от ближайшей железнодорожной станции Теренсай.

Поверхность района представляет собой слабо расчлененную равнину, местами с мелкосопочником. Абсолютные отметки поверхности колеблются от 241 до 334 м. Поверхность месторождения, расположенного в долине реки Джусы, имеет почти плоский рельеф, образуя котловину с пологими склонами, с абсолютными отметками от 275 до 309 м.

Балансовые запасы Джусинского месторождения полиметаллических руд утверждены протоколом государственной комиссии по запасам полезных ископаемых № 6265 от 02.06.1971 г. в количестве по категориям: С1 – 5779,6 тыс. т, С2 – 1151,7 тыс. т.

Разработка месторождения «Джусинское» начата в 2003 году. Ведет разработку ЗАО «Ормет».

В настоящее время достигнута проектная глубина карьера 260 м, ведется доработка запасов ниже проектной отметки дна карьера подземным способом, проектная производительность открытых горных работ составляла по руде 750 тыс. т/год [1].

Месторождение вскрыто двумя внутренними парными траншеями на северном борту: общей (отметка 285-150 м) и отдельной (отметка 285-267 м). Вскрытие рабочих горизонтов выполнялось временными автомобильными съездами, которые по мере развития горных работ перешли в стационарную спирально-петлевую трассу.

Стационарные съезды на восточном борту карьера в отметках 280-150 м не предусмотрены из-за возможности деформации откосов уступов, сложенных кварц-серицитизированными породами.

В процессе эксплуатации Джусинского карьера установлено, что вскрышные породы в отметках 280-150 м из-за интенсивной трещиноватости и своих свойств имеют слабые прочностные показатели в массиве [2]. Кроме того, прочность пород в южной части карьера снижается за счет воздействия поверхностных и грунтовых вод [3]. В связи с этим, на бортах карьера, в его южной и северной частях, сформировались локальные нарушения устойчивости откосов отдельных уступов, выразившиеся в частичном изменении их конфигурации в виде нарушений призмы возможного обрушения откосов [4]. Это, в свою очередь, привело к изменению на участках ширины транспортных берм. В южной части карьера в отметках

240-150 м съезды являются капитальными. Выявлено, что ширина транспортной бермы на участке капитального съезда в отметках 280-150 м в южной части карьера изменяется от 22 до 17 м, в зонах с интенсивными геомеханическими процессами достигает значения 16 м и менее (до 14,5 м). Радиус разворота на площадке горизонта 210 м в южной части карьера составляет 16 м, а на горизонте 150 м – 15 м.

В период интенсивного развития горных работ, в рамках исполнения проектных решений, расчетный объем перевозок по капитальному съезду составлял 17,65 млн т брутто/год, что соответствовало категории III-к автодорог по классификации СП 37.13330.2012 актуализированной редакцией СНиП 2.05.07-91 «Промышленный транспорт» [5]. Ширина капитального съезда выдерживалась в соответствии с нормативными требованиями для двухполосной дороги с двухсторонним движением и в отметках 280-240 м составила 22 м.

В настоящее время съезды карьера используются для транспортирования на поверхность запасов руды, добытых подземным способом с перегрузочной площадки, расположенной на отметке 75 м. Объем транспортируемой горной массы и интенсивность движения автотранспорта в карьере снизились. Расчетный объем перевозок по капитальному съезду составляет около 15 млн т брутто/год, что также соответствует категории автодорог III-к.

Период доработки карьера по добыче медно-цинковых руд является самым сложным с точки зрения управления устойчивостью массива горных пород, так как уже появились группы погашенных уступов, а вмещающие породы медно-колчеданных месторождений отличаются слабыми прочностными показателями и интенсивной трещиноватостью. Деформации отдельных уступов скорректировали параметры капитального съезда в отметках 240-150 м.

Поэтому для организации безопасного движения транспорта в соответствии с [5] и с учетом требований «Правил безопасности при ведении горных работ и переработке твердых полезных ископаемых» [6] разработаны четыре варианта поперечного профиля автодороги для разных условий движения (параметры поперечного профиля соответствуют требованиям, действующим на момент их проектирования нормативам).

Вариант I: профиль однополосной дороги с двухсторонним движением без обочины, с запрещением пешеходного передвижения.

Вариант II: профиль однополосной дороги с двухсторонним движением с обочинами.

Вариант III: профиль двухполосной дороги с двухсторонним движением без обочины, с запрещением пешеходного передвижения.

Вариант IV: профиль двухполосной дороги с двухсторонним движением с обочинами.

На рис.1-4 показаны поперечные профили автодорог по вариантам.

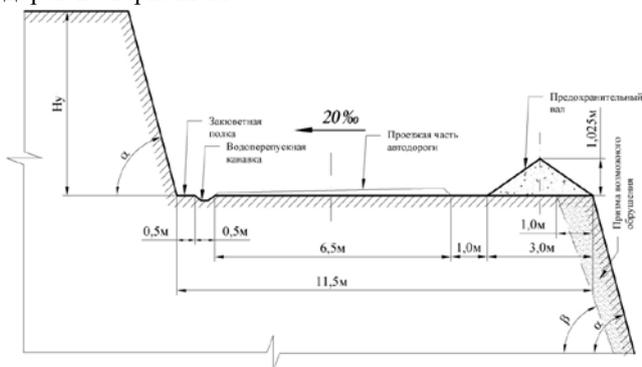


Рис. 1. Поперечный профиль однополосной автодороги с двухсторонним движением без обочины

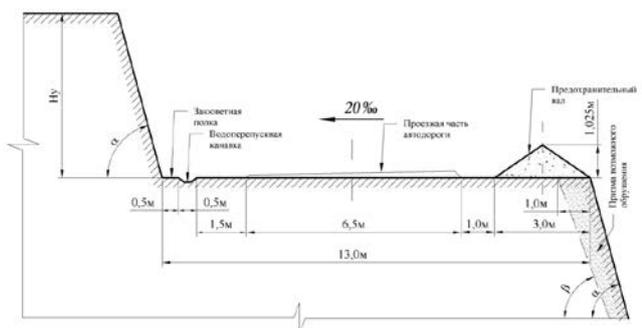


Рис. 2. Поперечный профиль однополосной автодороги с двухсторонним движением с обочиной

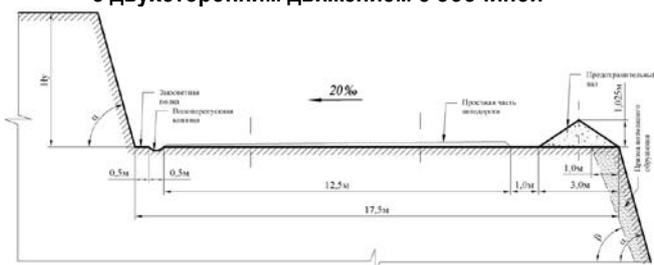


Рис. 3. Поперечный профиль двухполосной автодороги с двухсторонним движением без обочины

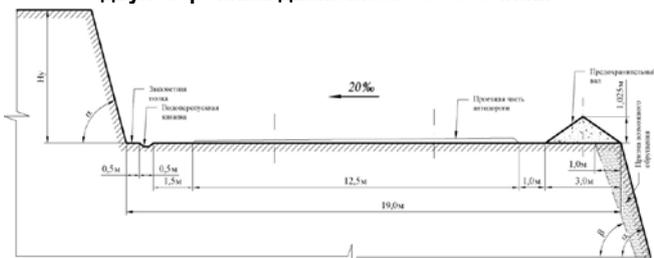


Рис. 4. Поперечный профиль двухполосной автодороги с двухсторонним движением с обочиной

В таблице приведены параметры профилей дорог по вариантам в соответствии с [5].

**Параметры профилей внутрикарьерных дорог для условий Джусинского карьера**

Параметр	Вариант профиля автодороги			
	I	II	III	IV
Минимальная ширина проезжей части, м [5, табл. 47]	6.5	6.5	12.5	12.5
Минимальная ширина заковетной полки, м [5, п. 5.65]	0.5	0.5	0.5	0.5
Минимальная ширина водоперепускной канавы, м [5, п. 5.65]	0.5	0.5	0.5	0.5
Минимальное расстояние от края породного вала до края проезжей части, м [6, п. 726]	1	1	1	1
Минимальная ширина породного вала при высоте 1,025 м, м	3.0	3.0	3.0	3.0
Минимальная ширина обочины, м [5, табл. 47]	-	1.5	-	1.5
Ширина транспортной бермы, м	11.5	13.0	17.5	19.0

Конструкция дорожной одежды постоянных автодорог в карьере должна соответствовать следующим условиям: ширина проезжей части для однополосных дорог 6.5 м, для двух – 12.5; ширина обочины 1.5 м; на рыхлом основании – черный щебень – 10 см, щебень – 25 см; на скальном основании – черный щебень – 10 см, щебень – 25 см.

Расчетная скорость движения транспортных средств на участках дорог категории III-к в трудных условиях, в соответствии с п.7.3 [5], должна быть не более 20 км/час. Для увеличения радиуса разворота груженных автосамосвалов на площадках в стесненных условиях предложено организовать левостороннее движение в отметках 230 – 150 м.

Согласно п.7.10.1 [5], опасные участки и зоны на дорогах должны быть обозначены дорожными знаками. Необходимое число дорожных знаков и указателей и места их установки обосновываются принятой схемой организации движения транспортных и пешеходных потоков. Установка дорожных знаков должна соответствовать стандартам [7,8,9,10] и правилам [12].

В соответствии с [5, 6], опасные участки и зоны на дорогах в Джусинском карьере необходимо обозначить дорожными знаками: 1.20.2 – «Сужение дороги»; 2.6 – «Преимущество груженого транспорта»; 5.15.7 – «Направление движения по полосам»; 1.11.1 – «Опасный поворот направо»; 1.11.2 – «Опасный поворот налево»; 3.24 – «Ограничение максимальной скорости»; 3.25 – «Конец зоны ограничения максимальной скорости». На участках дорог без обочин должен быть установлен знак 3.10 – «Движение пешеходов запрещено». Схема установки знаков дорожного движения в карьере представлена на рис. 5.

Поперечные профили автодороги по Вариантам I-IV утверждены в 2012 году ЗАО «Ормет». В зависимости от действительной ширины транспортной бермы на том или ином участке принимается одна из предложенных схем организации движения.

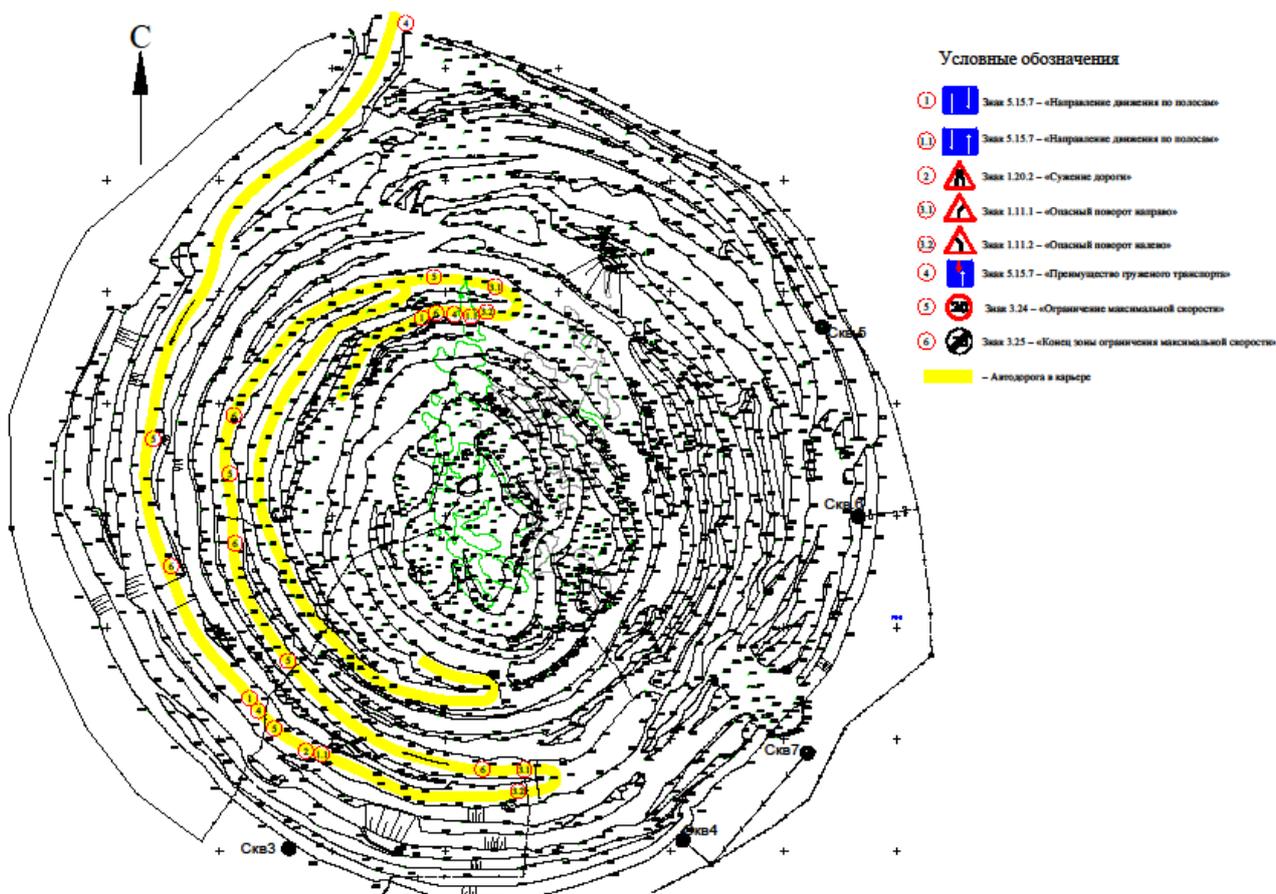


Рис. 5. Схема установки знаков дорожного движения в карьере «Джусинский»

Список литературы

1. Корректировка горной части ТЗО строительства обогатительного комплекса на базе Джусинского месторождения с целью увеличения мощности по добыче руды до 750 тыс. т в год.
2. Отчет о проведении авторского надзора за ведением горных работ на карьере Джусинского месторождения медно-колчеданных руд ЗАО «ОРМЕТ». Магнитогорск, 2012.
3. Гавришев С.Е., Некерова Т.В., Кравчук Т.С. Методика обоснования параметров бортов карьеров при выемке прибортовых запасов при комбинированной геотехнологии // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2010. №3. С.14-17.
4. Кравчук Т.С., Некерова Т.В. Предельная высота подработанного откоса подземными выработкам при действии объемных сил // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2009. № 3. С. 5-8.
5. Свод правил СП 37.13330.2012 Промышленный транспорт. Актуализированная редакция СНиП 2.05.07-91\*. М.: ФАУ «ФЦС», 2012. 196 с.
6. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности при ведении горных работ и переработке твердых полезных ископаемых»: приказ от 11 декабря 2013 г. №599 // Справочно-правовая система «Консультант Плюс». URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_165992/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_165992/) . Дата обращения: 03.04.2014.
7. ГОСТ 23457-86 «Технические средства организации дорожного движения». М.: Стандартинформ, 1987. 79 с.
8. ГОСТ 10807-78 «Знаки дорожные. Общие технические условия». М.: Стандартинформ, 1980. 144 с.
9. ГОСТ 25458-82 «Опоры деревянные дорожных знаков. Технические условия». М.: Стандартинформ, 1984. 13 с.
10. ГОСТ 25459-82 «Опоры железобетонные дорожных знаков». М.: Стандартинформ, 1984. 20 с.
11. ГОСТ 25695-83 «Светофоры дорожные. Типы». М.: Стандартинформ, 1993. 17 с.
12. Постановление Правительства РФ «О правилах дорожного движения» от 23.10.1993 №1090 // Справочно-правовая система «Консультант Плюс». URL: <http://www.consultant.ru/popular/pdd/> . Дата обращения: 03.04.2014.

Сведения об авторах

**Кравчук Татьяна Сергеевна** – канд. техн. наук, доц., Национальный исследовательский Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, Россия. Тел.: +7-351-267-95-56. E-mail: [bgd-susu@mail.ru](mailto:bgd-susu@mail.ru).

**Пыталев Иван Алексеевич** – канд. техн. наук, доц., ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», Россия. Тел.: +7-3519-29-85-56. E-mail: [vehicle@list.ru](mailto:vehicle@list.ru).

## DRIVING SAFETY ORGANIZATION OF TRAFFIC IN QUARRY «JUSINSKIY» DURING HIS MODIFICATION

**Kravchuk Tat'yana Sergeevna** – Ph.D. (Eng.), Associate Professor, National Research South Ural State University, Chelyabinsk, Russia. Phone: +7-351-267-95-56. E-mail: bgd-susu@mail.ru.

**Pytalev Ivan Alekseevich** – Ph.D. (Eng.), Associate Professor, Nosov Magnitogorsk State Technical University, Russia. Phone: +7-3519-29-85-56. E-mail: vehicle@list.ru.

**Abstract.** The article presents the organization experience of automobile transport movement in cramped conditions at the lower horizons of the deep pit. Highway profiles for different traffic conditions have presented.

**Keywords:** driving safety, cramped conditions, quarry, stock modification.

## References

1. Korrektyrovka gornoj chasti TJeO stroitel'stva obogatel'nogo kompleksa na baze Dzhusinskogo mestorozhdenija s cel'ju uvelichenija moshhnosti po dobyche rudy do 750 tys. t v god. [Corrections of the mountain part of a feasibility study for construction of a processing plant at the base of Dzhusinskoye field in order to increase production capacity to 750 thousand ore tons per year].
2. Otchet o provedenii avtorskogo nadzora za vedeniem gornyh rabot na kar'ere Dzhusin-skogo mestorozhdenija medno-kolchedannyh rud ZAO «ORMET» [Report on the supervision over the conduct of mining operations at the quarry Dzhusinskoye copper-pyrite ores CJSC «ORMET»]. Magnitogorsk: 2012.
3. Gavrishchev S.E., Nekerova T.V., Kravchuk T.S. Metodika obosnovaniya parametrov bortov kar'erov pri vyemke pribortovyh zapasov pri kombinirovannoj geotekhnologii [The method for basis parameters of flank opencast by underground of flank stock] // Vestnik Magnitogorskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta im. G.I. Nosova [Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University]. 2010, no.1, pp. 14-17.
4. Kravchuk T.S., Nekerova T.V. Predel'naja vysota podrobotannogo otkosa podzemnymi vy-rabotkam pri dejstvii ob'emnyh sil // Vestnik Magnitogorskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta im. G.I. Nosova [Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University]. 2009, no.3, pp. 5-8.
5. Svod pravil [Set of rules] SP 37.13330.2012 Promyshlennyj transport [Industrial transport]. Aktualizirovannaja redakcija [The updated edition] SNIP 2.05.07-91\*. Moscow: FAU «FCS», 2012, 196 p.
6. Federal'nye normy i pravila v oblasti promyshlennoj bezopasnosti «Pravila bezopasnosti pri vedenii gornyh rabot i pererabotke tverdyh poleznyh iskopaemyh»: prikaz №599 (11.12.2013). [The federal rules and regulations in the field of industrial safety «Safety rules at mining and processing of solid minerals»: Order №599 (11.12.2013)] // ConsultantPlus. [Online]. Available: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_165992/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_165992/). [2014, April 03].
7. GOST 23457-86 «Tehničeskije sredstva organizacii dorozhnogo dvizhenija» [Technical means of traffic organization]. Moscow: Standartinform, 1987, 79 p.
8. GOST 10807-78 «Znaki dorozhnye. Obshhie tehničeskije uslovija» [Traffic signs. General specifications]. Moscow: Standartinform, 1980, 144 p.
9. GOST 25458-82 «Opory derevjannye dorozhnyh znakov. Tehničeskije uslovija» [Wooden supports of road signs. Specifications]. Moscow: Standartinform, 1984, 13 p.
10. GOST 25459-82 «Opory zhelezobetonnye dorozhnyh znakov» [Ferro-concrete supports of road signs]. Moscow: Standartinform, 1984, 20 p.
11. GOST 25695-83 «Svetofory dorozhnye. Tipy» [Road traffic lights. Types]. Moscow: Standartinform, 1993, 17 p.
12. Postanovlenie Pravitel'stva RF «O pravilah dorozhnogo dvizhenija» 23.10.1993 №1090 [Rule of the road] // ConsultantPlus. [Online]. Available: <http://www.consultant.ru/popular/pdd/>. [2014, April 03].

УДК 658.286.2:656.254.5

Корнилов С.Н., Корнилова М.М.

## МЕТОДИКА ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ АНАЛИЗА РАБОТЫ ГРУЗОВЫХ СТАНЦИЙ ОАО «РЖД»

**Аннотация.** В статье излагается методика сбора исходных данных, необходимых для анализа работы грузовых станций. Приводится последовательность действий по самой процедуре анализа данных и по применению результатов анализа.

**Ключевые слова:** автоматизированная система управления, грузовая станция, оборот вагона, исходные данные, параметр.

Повсеместно на сети магистральных железных дорог ОАО «РЖД» происходит процесс автоматизации основных технологических процессов, а наряду с этим – автоматизация вспомогательных операций, а также работа станционных подразделений [5]. Внедряются различные автоматизированные системы управления железнодорожным транспортом (АСУ ЖДТ). Подсистема управления работой станции входит в состав АСУ перевозочным процессом. Одновременно с этим возникает проблема своевременного контроля и анализа эксплуатационной деятельности станций [2, 4].

Одним из основных принципов эксплуатации магистрального железнодорожного транспорта является научная организация перевозочного процесса, основанная на широком применении математических ме-

тодов и вычислительной техники [5].

Для грузовых станций ОАО «РЖД», таких, например, как станция «Магнитогорск-Грузовой», обслуживающих крупные промышленные предприятия, характерны большие объемы местной работы (поездная работа, маневровые, грузовые операции, подача-уборка групп вагонов на грузовые фронты путей общего пользования) и сложные условия ее выполнения [1,10]. Основная цель выполнения эксплуатационной работы на рассматриваемых грузовых железнодорожных станциях заключается в бесперебойном и качественном обслуживании путей предприятий, примыкающих к станции, а также в обеспечении ритмичности работы с вагонами сети общего пользования [7].

Кроме этого, станции, их сооружения и устрой-

ства должны обеспечить рациональное использование железнодорожного подвижного состава. Поэтому одной из важных эксплуатационных задач, решаемых в процессе функционирования станций, является сокращение времени оборота вагонов на путях необщего пользования промышленных предприятий и на путях парков самой станции [3, 6].

Одним из способов решения данной задачи является применение математического аппарата для оптимизации отдельных элементов станционной эксплуатационной работы и всего процесса в целом [8]. Математические методы позволяют учесть сложность технологии и элементы случайности в транспортном процессе, способствуют системному анализу и определению эффективных режимов функционирования транспортной системы. Однако исследование транспортных систем с использованием только классических методов математики во многих случаях затруднительно и, порой, даже невозможно. Поэтому в решении эксплуатационных задач большое распространение получили теория вероятности, математическая статистика, статистический анализ. Применению вероятностных расчетов в эксплуатационной деятельности в значительной степени способствует зависимость перевозочного процесса от многих переменных величин [9].

Для выявления «узких» мест во времени оборота вагонов предлагается применить методы многомерного статистического анализа, в частности факторный анализ.

Для проведения анализа работы сложной транспортной системы, какой является крупная грузовая станция, по обработке вагонов необходимо определить перечень исходных данных. В условиях избыточности информации, циркулирующей в сетях АСУ, минимизация исходных данных для решения конкретных задач, в частности уменьшения времени оборота вагонов, также приобретает особую актуальность [9].

Предлагается все необходимые для проведения анализа исходные данные разбить на 4 группы параметров: технологические, технические, организационные и эргономические. Для получения репрезентативной выборки по каждому параметру необходимо выполнить сбор всех данных посменно в течение не менее 6 месяцев. Сбор данных может осуществляться по каждому парку или по всей станции в целом.

**Технологические параметры:**

1. время (дата и номер смены) сбора данных;
2. количество прибывших и убывших вагонов с внешней сети с разложением по родам грузов и типам вагонов;
3. количество поданных и убранных вагонов по путям необщего пользования промышленных предприятий с разложением по родам грузов и типам вагонов;
4. количество принятых, отправленных, переработанных поездов или подач;
5. сменные задания по каждому парку путей станции;

6. погрузка-выгрузка по каждому грузовому фронту, расположенному непосредственно на станционных путях;

7. время простоя вагонов на каждом подъездном пути;

8. время простоя вагонов на каждом грузовом фронте, расположенном непосредственно на станционных путях;

9. суммарный оборот вагонов на станции;

10. остаток вагонов с предыдущей смены с разделением по типам вагонов, родам грузов, грузо-получателям и собственным грузовым фронтам;

11. коэффициент использования локомотивов во времени.

**Технические параметры:**

1. количество отказов или сбоев устройств СЦБ, время простоя из-за каждого отказа;

2. количество поломок погрузочно-разгрузочных устройств и механизмов по собственным грузовым фронтам, время простоя из-за каждого отказа;

3. количество неисправных или непригодных для погрузки вагонов, время простоя по каждому случаю;

4. количество отказов локомотивов (отсутствий локомотивов), время простоя из-за каждого отказа (отсутствия);

5. продолжительность плановых и неплановых окон для ремонта путей, время простоя на время окон;

6. продолжительность отказов средств связи, время простоя по этой причине.

**Организационные параметры:**

1. фамилия, имя, отчество дежурного по станции (диспетчера, оператора поста, сигналиста);

2. квалификация дежурного – разряд, общий стаж работы, стаж работы по специальности, количество нарушений и браков за все время работы;

3. фамилия, имя, отчество машинистов и составителей;

4. квалификация машинистов и составителей – разряд, общий стаж работы, стаж работы по специальности, количество нарушений и браков за все время работы;

5. количество нарушений, браков каждым работником в течение смены, суммарные простои из-за нарушений;

6. количество травм, аварий, несчастных случаев, нарушений правил техники безопасности, суммарное время простоев;

7. частота и общая продолжительность информационных контактов между дежурным по станции и локомотивными бригадами, вагонным, поездным, грузовым диспетчерами. Значение этих параметров устанавливается в результате хронометража;

8. фамилия, имя, отчество вагонного, поездного, грузового диспетчера, их квалификация;

9. возраст, пол, семейное положение.

**Эргономические параметры:**

1. температура и влажность воздуха в помещении станции (поста);

2. температура окружающей среды, влажность воздуха, скорость и направление ветра, атмосферное

давление.

Проведение анализа работы транспортной системы станции предлагается выполнять с применением методов многомерного статистического анализа, которые позволяют выявить взаимное влияние двух и более случайных величин. Наиболее часто применяются методы множественного корреляционного и регрессионного анализа, детерминированного и стохастического факторного анализа, анализа временных рядов и т.д.

Анализ необходимо выполнять в три этапа.

Первый этап. Анализ данных с целью выявления факторов оперативного характера, оказывающих существенное влияние на оборот вагонов. На этом этапе необходимо изучить динамику изменения оперативных параметров при помощи методов анализа временных рядов, установить характер и вид их взаимного влияния методом множественного регрессионного анализа. Для реализации первого этапа требуются только посменные данные.

Второй этап. Собранные посменные данные укрупняются до декадных. Для получения репрезентативной выборки необходимо собранные на первом этапе данные дополнить декадными данными. На этом этапе определяется общий оборот (перепростой) вагонов на станции за декаду, а также среднесуточный и среднесменный оборот вагонов в течение декады, среднесуточный и среднесменный остаток вагонов на станции или в парках путей (с разложением по родам грузов, типам вагонов, грузополучателям и собственным грузовым фронтам). При определении этих характеристик не учитываются те параметры, которые не изменяются в течение декады. Основная задача второго этапа – выявить влияние наиболее общих факторов на простой вагонов, а также исключить взаимное влияние параметров, имевших место на первом этапе.

На третьем этапе выполняется факторный анализ параметров, не зависящих от времени. Данные для этого этапа представляют собой набор параметров по каждому парку и по всей станции в целом.

В результате анализа выявляются параметры (факторы), в наибольшей степени влияющие на увеличение времени оборота вагонов. Далее производится определение перечня мероприятий (действий) по уменьшению влияния наиболее значимых факторов. По каждому мероприятию рассчитываются потребные временные и финансовые затраты на его реализацию. Окончательное решение о выборе воз-

можного воздействия принимается на основании сопоставления требуемых затрат и имеющихся ресурсов.

В первую очередь будут реализовываться мероприятия менее затратные, но позволяющие в наибольшей степени уменьшить время оборота вагонов.

Применение предлагаемой методики обработки информации в условиях действующих грузовых станций ОАО «РЖД» позволит целенаправленно влиять на отдельные составляющие времени оборота вагонов и уменьшать негативное влияние технологических, технических, организационных и эргономических факторов на данный показатель с минимальными затратами.

#### Список литературы

1. Антонов А.Н., Корнилов С.Н. Анализ и систематизация факторов, влияющих на время оборота вагонов ОАО «РЖД» по подъездным путям промышленных предприятий // Современные проблемы проектирования, строительства и эксплуатации транспортных объектов / Сб. статей междунар. конф. СПб.: ПГУПС, 2010. С. 46–53.
2. Боднар О.В., Корнилов С.Н. Направление развития сортировочных станций в условиях увеличения транзитного вагонопотока (на примере станции Челябинск-Главный) // Молодежь. Наука. Будущее / Сб. науч. тр. студентов. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2009. Вып. 9. С. 208–210.
3. Корнилов С.Н., Новиков А.С. Методика обслуживания грузовых фронтов (на основе системы приоритетов транспортного обслуживания производственных подразделений) // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. 2007. №4(28). С. 65–73.
4. Гончарова Е.А., Корнилов С.Н., Рахмангулов А.Н., Трофимов С.В. Проблемы внешних перевозок промышленных предприятий. Пути их решения // Наука, инновации и образование: актуальные проблемы развития транспортного комплекса России / Тез. докл. междунар. науч.-техн. конф. Екатеринбург: УрГУПС, 2006. С.308–309.
5. Корнилов С.Н., Рахмангулов А.Н., Трофимов С.В. Основные направления совершенствования организации управления производственно-транспортными комплексами в условиях реформирования ОАО «РЖД» // Вопросы формирования государственной политики в области промышленного транспорта / Тез. докл. 6-й междунар. конф. «Промтранс-2005». М.: Минтранс РФ, Промтрансинициатива, 2005. С.54–61.
6. Трофимов С.В., Корнилов С.Н. Способы интенсификации использования мощностей транспорта // Научные проблемы развития горнотранспортных комплексов и технологий. Отдельные статьи горного информационно-аналитического бюллетеня. М.: Издательство Московского государственного горного университета, 2003. Вып.1. №9. С.24–31.
7. Корнилов С.Н., Новиков А.С., Антонов А.Н. Процессы управления перевозками промышленных предприятий на основе оптимизации вагонного парка. Новосибирск: «СИБПРИНТ», 2010. 114 с.
8. Корнилов С.Н., Рахмангулов А.Н., Трофимов С.В. Управление транспортными системами. Теоретические основы. Магнитогорск: МГТУ, 2001. 191 с.
9. Гавришев С.Е., Дудкин Е.П., Корнилов С.Н., Рахмангулов А.Н., Трофимов С.В. Транспортная логистика. СПб.: ПГУПС, 2003. 279 с.
10. Корнилова М.М., Корнилов С.Н. Направления оптимизации работы станций примыкания в современных условиях // Сборник научных трудов SWorld. 2012. Т.2. №4. С.14–16.

#### Сведения об авторах

**Корнилов Сергей Николаевич** – д-р техн. наук, проф., ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», Россия. Тел.: +7-3519-29-85-34. E-mail: [kornilov\\_sn@mail.ru](mailto:kornilov_sn@mail.ru).

**Корнилова Марина Михайловна** – магистрант кафедры «Промышленный транспорт» ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им.Г.И. Носова», Россия. Тел.: +7-3519-29-85-34. E-mail: [kornilov\\_sn@mail.ru](mailto:kornilov_sn@mail.ru).

## INFORMATION PROCESSING METHODS FOR ANALYSIS OF FREIGHT STATION WORKING OF JSC «RUSSIAN RAILWAYS»

**Kornilov Sergey Nikolaevich** – D.Sc. (Eng.), Professor, Nosov Magnitogorsk State Technical University, Russia. Phone: +7-3519-29-85-34. E-mail: kornilov\_sn@mail.ru.

**Kornilova Marina Mikhailova** – Undergraduate Student, Nosov Magnitogorsk State Technical University, Russia. Phone: +7-3519-29-85-34. E-mail: kornilov\_sn@mail.ru.

**Abstract.** The article describes the method of collecting the basic data needed for the analysis of freight stations. Is a sequence of actions on the procedure itself and the analysis of data on the application of the results of the analysis.

**Keywords:** automated control system, freight station, the turnover of the car, the original data, the parameter.

### References

1. Antonov A.N., Kornilov S.N. Analiz i sistematizacija faktorov, vlijajushih na vremja oborota vagonov OAO «RZhD» po podezdnym putjam promyshlennyh predpriyatij [Analysis and systematization of the factors influencing the turnaround time of wagons JSC «Russian Railways» on access roads industrial enterprises] // *Sovremennye problemy proektirovaniya, stroitel'stva i jekspluatatsii transportnyh obektov* [Modern problems of design, construction and operation of transport objects] / Sb. statej mezhdunar. konf. [Proceeding]. St. Petersburg: PSTU, 2010, pp. 46–53.
2. Bodnar O.V., Kornilov S.N. Napravlenie razvitiya sortirovochnyh stancij v uslovijah uvelichenija tranzitnogo vagonopotoka (na primere stancii Cheljabinsk-Glavnyj) [Direction of development of sorting stations under conditions increasing transit flow of wagons (at example Chelyabinsk Central Station)] // *Molodezh'. Nauka. Budushhee* [Youth. Science. Future] / Sb. nauch. tr. studentov [Proceeding]. Magnitogorsk: NMSTU, 2009, vol.9, pp. 208–210.
3. Kornilov S.N., Novikov A.S. Metodika obsluzhivaniya gruzovyh frontov (na osnove sistemy prioritetov transportnogo obsluzhivaniya proizvodstvennyh podrazdelenij) [Methodic of servicing freight fronts (on the basis of the priorities of the transport service of production units)] // *Vestnik Rostovskogo gosudarstvennogo universiteta putej soobshhenija* [Vestnik of Rostov State Transport University]. 2007, no.4(28), pp. 65–73.
4. Goncharova E.A., Kornilov S.N., Rakhmangulov A.N., Trofimov S.V. Problemy vneshnih perevozk promyshlennyh predpriyatij. Puti ih reshenija [Problems of external carriage of industrial enterprises. Their solutions] // *Nauka, innovacii i obrazovanie: aktual'nye problemy razvitiya transportnogo kompleksa Rossii* [Science, innovation and education: actual problems of development of transport complex of Russia] // *Tez. dokl. mezhdunar. nauch.-tehn. konf.* [Proceeding]. Ekaterinburg: UrGJeU, 2006, pp.308-309.
5. Kornilov S.N., Rakhmangulov A.N., Trofimov S.V. Osnovnye na-pravlenija sovershenstvovaniya organizacii upravlenija proizvodstvenno-transportnymi kompleksami v uslovijah reformirovaniya OAO «RZhD» [The main directions of improving the organization of management of production-transport complexes in the conditions of reforming of JSC «Russian Railways»] // *Voprosy formirovaniya gosudarstvennoj politiki v oblasti promyshlennogo transporta* [Questions of public policy in the field of industrial transport] // *Tez. dokl. 6-j mezhdunar. konf. «Promtrans-2005»* [Proceeding]. Moscow: Mintrans RF, Promtransniiproekt, 2005, pp. 54–61.
6. Trofimov S.V., Kornilov S.N. Sposoby intensivacii ispol'zovanija moshhnostej transporta. [The ways of transport capacities intensification] // *Nauchnye problemy razvitiya gornotransportnyh kompleksov i tehnologij. Otde'nye stat'i gornogo informacionno-analiticheskogo bjulletenja* [Scientific problems of development mining-transport complex and technologies development.] / *Gornyj inform.-analit. bjul.* [Separate Articles of Mining Informational and Analytical Bulletin]. Moscow: MSMU, 2003, vol.1,no9,pp.24–31.
7. Kornilov S.N., Novikov A.S., Antonov A.N. Processy upravlenija perevozkami promyshlennyh predpriyatij na osnove optimizacii vagonnogo parka [Management processes in industrial transport based on the optimization of rolling stock]. Novosibirsk: «SIBPRINT», 2010, 114 p.
8. Kornilov S.N., Rakhmangulov A.N., Trofimov S.V. Upravlenie transportnymi sistemami. Teoreticheskie osnovy [Management of transport systems. Theoretical foundations]. Magnitogorsk: NMSTU, 2001, 191p.
9. Gavishev S.E., Dudkin E.P., Kornilov S.N., Rakhmangulov A.N., Trofimov S.V. Transportnaja logistika [Transport logistic]. St.Petersburg: PSTU, 2003, 279 p.
10. Kornilova M.M., Kornilov S.N. Napravlenija optimizacii raboty stancij primykanija v sovremennyh uslovijah [Areas of optimization connecting railway stations in modern conditions] // *Sb. nauch. trudov SWorld* [Proceeding SWorld]. 2012, vol.2, no.4, pp. 14-16.

# ТЕХНИКА ТРАНСПОРТА

УДК 629.423.24

Kulagin D.A.

## PROSPECTS OF MODERN DIESEL TRAINS CREATION IN THE COUNTRIES OF THE EURASIAN SPACE

**Abstract.** In the article analyzed a brief history, current status and scientific-practical perspectives of modern fleet diesel trains creation for high-speed traffic. It is shown that not the economy using of locomotive traction in the suburban movement and the prospect of writing off in the next decade, significant quantities of diesel trains, which are now operating on the Eurasian Railways, more acutely raises the question of creation of new rolling stock for commuter traffic with modern traction gear. Consequently the analytical study of current trends to build diesel trains, analysis and comparison of different traction types, causing the main prospects of scientific research in the relevant fields of science. This study allows determining basic directions of development of diesel rolling stock which will create progressive design practical solutions on the basis of scientific researches in this field.

**Keywords:** diesel train, traction transfer, suburban movement, railcar rolling stock, modernization, high-speed movement.

Railway transport is one of the basic sectors of the modern economy. Stable and efficient functioning in planning of rail transport it is necessary to ensure the defence, national security and integrity of the state, improve the quality of population life [1-4].

Currently the railway partially satisfy needs production and population in the transportation. Production condition and technical base of railways and technological level of traffic on many parameters does not match made stuck the company necessity and European quality standards for transportation services. This is obstructing water for the further socio-economic development of the state [3-5].

The emergence of problems in the activities and development of railway transport due to a number of negative factors, particularly the progressive ageing of the fixed assets. The average depreciation of fixed assets of the railway transport is 56 %, including rolling stock – 68%. The substantial upgrading of the railways infrastructure is required.

The strategic goal of the state policy in railway transport development is the creation of a competitiveness-potential of the rolling stock, as well as modern domestic capacity to produce and repair, i.e. the reduction of dependence on import deliveries of railway transport and spare parts [5].

Due to rising fuel prices is important modernization and updating of the Park of diesel trains [2, 4]. Priority direction of modernization is the development and introduction in manufacture of modern domestic aqueous diesel trains with optimal energy consumption [6-8].

Diesel train is a kind of railcar rolling stock powered by diesel. He used checking in suburban traffic on non-electrified and partially electrified railway lines [5].

Diesel train develop counting on a wide variety of operating conditions in different countries and regional-states. Currently the prevailing view is that they are more attractive for passengers from the point of speed and

comfort view, more economical and easier to use than trains on locomotive traction [9]. In this aspect the main advantages of diesel trains are:

- negligible impact on the train the path through reduced axial loads;
- possibility of modular execution of bodies in General and accommodation of the equipment, including the equipment of interiors;
- lower life cycle;
- high energy efficiency;
- possibility of motion in both directions;
- large acceleration values;
- high reliability and availability;
- the possibility of increasing passenger capacity at the expense of placement of major components and assemblies, partly-do items traction transfer, under the car body [5].

Diesel trains classified by types of traction transfer (electrical, hydraulic or mechanical) and depending on structural speed [10-13]. On diesel trains common series are used, as a rule, a hydraulic or electric traction transfer [5]. The transmission of power from the diesel engine to the wheel pair must have high reliability and durability, minimum size, weight and cost, high efficiency in all modes of operation, minimal maintenance costs and repairs. For modern electrical transmission is characterized by capacity increasing while maintaining almost the same size, and a reduction of the mass of transmission elements. On diesel trains have used electric power transmission permanent, AC-DC and AC currents [5].

The dispersion in the world practice has transmission DC. This is because the efficiency of electric transmission DC with long-term operation mode at speeds up to 160km/h is 84-86%. But when speed diesel train over 160km/h transmission DC inferior AC transfer efficiency and energy indicators.

The transmission AC-DC is used for freight diesel

high-power trains [14]. In the conditions of the world rolling stock modernization and speed diesel trains increasing over 160 km/h is increasingly being used as traction AC power transmission [15]. Besides potions-trains with traction transmission of alternating current with the same mass as with other kinds of gears develop greater thrust that allows using fewer motorized of car axles for the same mass of rolling stock.

Currently in the world produces six types of diesel trains, designed to operate with maximum speed around 200 km/h. Trains for traffic with higher speed is not designed as an area of high-speed movement almost completely electrified.

In the world of high-speed diesel train widely used in long distance and regional communications, especially on the Railways of Germany (DBAG), the UK, Denmark (DSB) and Spain (RENFE) [1-5]. Common on such diesel trains are diesel engines of type QSK9R Cummins. In some cases, the design speed of 200 km/h is not being fully implemented - so dmsu series IC3 on the Denmark and Sweden (SJ) Railways are operated with a maximum speed of 180 km/h (traction AC power transmission). At the same time, train family Venturio Siemens, the design of which has particularly high degree of modularity, designed to operate with a maximum speed of 160 km/h with hydraulic and 250 km/h with electric traction transfer [5] (traction AC power transmission).

In Germany are operated by diesel trains Alstom LHB (VT640, VT641) (traction AC power transmission), Siemens (VT642) (traction AC power transmission), Bombardier Talbot (VT643, VT644) (traction AC power transmission), Stadler/ Bombardier DWA (VT646) (traction AC power transmission), Adtranz (VT650, VT611, VT612, RS1) (hydraulic traction gear) and some other models [1-5].

In the world uses 18 types of diesel trains, designed to operate with a maximum speed of 120 to 160 km/h. Among diesel trains in this high-speed category can be noted Saemaul/DHC 200 (design speed of 150 km/h, the Republic of Korea; hydraulic traction gear), Aln 776 (145km/h, Italy; hydraulic traction gear), Endeavour (145km/h, Australia; traction transmission DC), BM/BS92 (140km/h, Norway; traction transmission DC), mddm (140km/h, Germany; hydraulic traction gear), 5600 MT (140km/h, Turkey; hydraulic traction gear) and MR /MRD (130km/h, Denmark; hydraulic traction gear) [5].

On the UK Railways operated diesel trains two-car trains series 158 and three-car train series 160, 165, 166, 170 (traction transmission DC). The company-operator Chiltern in the late 90-ies ordered the company Adtranz new four-car diesel trains series 168 with hydraulic transmission. These diesel trains showed high reliability, annual mileage of each of them is no less than 250 thousand km UK operators of passenger traffic Virgin North Western Train purchased 34 diesel trains 220 series and 44 trains series 221, produced at the plant Bombardier in Brugge (Belgium). These diesel trains has electric transmission of alternating current. This railcar rolling stock required for replacement of high-speed diesel trains series C that are released after the electrification of roads

Western UZB-Riga, as well as for replacement of suburban trains on locomotive traction, which will allow to reduce expenses on exploitation, maintenance, repair and speed of motion.

On the French Railways (SNCF) operated diesel trains XTER, A-TER, TER 72500 (traction electrode-transfer DC). Trains series TER 72500 are designed to provide in the regional reports of the same level of comfort for passengers and train TGV high speed communications. These diesel trains are available in two variants: two-car and three-car [2-4].

In the framework program improvement of regional messages Spanish Railways chose for new diesel trains TRD concept of trains series C Danish Railways, which were built by the company Duewag in 1986-1987. But the company-manufacturer of ATS used in diesel trains trucks new design adapted to the wide gauge (1668mm), replaced the air cooling diesel engine water and set in traction hydraulic drive, not the guide-Romano transfer. Two-car diesel trains with bodies manufactured from aluminium alloy, equipped with a mouth-stops air-conditioning. In the train four power unit with a drive to one of the two wheel pairs skin-tion truck. The total order volume is 16 units. Annual mileage of each diesel trains is 120 thousand km of [5].

On the Russian and Belarusian Railways are operated the following series of rolling stock for urban, suburban of obtained deposits: 1 (hydro-mechanical traction gear), DR1 (hydraulic traction gear), D-3, MDP, MDP, MDP, MDP (hydro-mechanical traction gear), DPM, DT (hydro-mechanical traction data Dpsas, BCH, [DRB] (traction transmission DC). Among them there are trains with locomotive traction.

Modern Russian diesel trains manufactured by JSC «Metrowagonmash» RA-1 and RA-2, RA have hydro-mechanical power transmission. The modernized diesel train DB (Dpsas), produced by OJSC «Demikhovskiy engineering plant» on the basis of two sections of the locomotive M, has traction power transmission DC. JSC «Torzhokskiy car-building plant» produces diesel trains DT-1 (a power transmission DC).

A large number of diesel trains for Russia, Belarus, Georgia, Estonia, Latvia and Lithuania supplies of JSC «Riga machine-building plant», which produces diesel train DR hydraulic traction gear «Voith» is further development series diesel trains DR1, DRP, DRA, DRB.

In Ukraine, operated models diesel trains that remained from the times of the USSR (D1, DR1, D-3 and others), as well as domestic developments of production of JSC HC «Luganskteplovoy».

In the period from 1997 to 2003 JSC HC «Luganskteplovoy» have created new types of rolling stock for Railways:

- diesel train locomotive traction DPL with modernized section of the locomotive ME and trailer leading car with control cabin. The prototype was built in 2001, adopted by the interdepartmental Commission and launched into production;
- diesel train locomotive traction DPL with modernized section of the locomotive 2TE116 and trailer leading car

with control cabin. The prototype was built in 2001, adopted by the interdepartmental Commission and launched into production;

- diesel train DEL-01 with AC power transmission. The prototype was manufactured in 1998. After implementation of the set of acceptance tests and finishing work was discontinued;
- diesel train DEL-02 (Figure) with AC power transmission. The prototype was built in 2003, adopted by the interdepartmental Commission and launched into production.



Appearance diesel train DEL-02

On modern diesel trains to improve passenger comfort you need to install a more powerful diesel engines on the basis of 40-50 kW with an additional one car to the necessary power for traction (for use air-conditioning, internal hardware). New diesel trains are supposed to be used to combination-scheme of connection of the train. This will put six trucks fivecars with simplified bodies instead of four-cars on eight carriages. The length of the trains will remain the same, which will allow using existing platforms, the way station and depot. This principle the connection provides the following advantages in comparison with usual connection:

- increases the width of the car-to-car navigation;
- by reducing the number of platforms increased the number of seats on the average on 13%;
- reduction of time of boarding and landing at the expense of wider doors;
- better grip of the train rails (increase axial loads in the regulatory limits, because the train weight will remain the same, while the number of trucks will be reduced);
- high dynamic response to the roughness of the way through the mass concentration of the two-cars in one carriage;
- increase space for under-car equipment [13].

However, the disadvantages of such diesel trains include:

- the presence of a larger number of air conditioning installations;
- complex inter-tow hitch;

- the necessity of re-equipment depot for repair of this rolling stock [3-5].

Not the economy using of locomotive traction in the suburban movement and the prospect of writing off in the next decade, significant quantities of diesel trains, which are now used on Ukrainian Railways, more acutely raise the question of new rolling stock creation for commuter traffic. On average, the demand for suburban railway transportation is satisfied in Ukraine 70-75%, and in summer, weekends and holidays by 50-60%. In recent years, the technical condition of the rolling stock acquired a critical state because of shortage of spare parts and the virtual absence of updates. This fully applies to the state of diesel trains, approximately 50% of the cars which are worked out their resource and require exceptions to the inventory Park, as not providing the requirements of traffic safety and the desired comfort level [5].

According to [5] provides that the using of domestic scientific-technical potential of Ukraine for the production of modern competitive freight and passenger diesel trains and technical modernization of railway transport, as a result of the reform, will create conditions for the implementation of the State program of reforming the railway transport.

In operation on the Odessa railway are series DEL-02 production JSC HC «Luganskteplovoz». Their development on the modern domestic element base and introduction for the using of the state administration of railway transport of Ukraine «Ukrzaliznytsya» fully corresponds to national plans and programs of reform and development of the railway industry.

Scientists explores the issues of diesel trains modernization DEL-02, in particular theoretical issues of building management information systems based on neural networks and artificial intelligence, optimization of movement and operation modes of the trains, construction of mathematical models of system components control power transmission. These studies contribute to a considerable qualities improvement of diesel-train movement DEL-02, helped to resolve a number of technical problems that existed in the initial stages of introduction in manufacture of prototypes data diesel trains.

The analyzed experience of diesel-train using DEL-02 and work with previous upgrades the conclusion about high reliability of this domestic developments and prospects of the diesel-train were using DEL-02. However, this experience also shows the number of unresolved technical problems traction power diesel train DEL-02:

- unsatisfactory performance of regulation and maintenance of a constant current value of a system for traction power, which is explained by the structure of the system of control transmission driving, the lack of effective current regulator and system sensitivity for the temperature parameters variations of elements of traction power;
- high values of working and maximum currents elements of the existing traction power diesel trains due to the absence of system power fast current limitation and normalized transient response current circuits;
- the need of increasing space acceleration (certain accel-

eration values according to technical specifications), the steady-state motion and inhibition (over a certain distance according to technical specifications) with control changes the speed, acceleration and leap through the creation of a combined unit of these values;

- low speed and quality of data in the system of control over the channel CAN (up to 1 Mbit);
- control system does not take into account the elasticity of certain elements of the traction power diesel trains.

These problems remain unresolved proposed funds.

In accordance with the terms of reference for the manufacture of diesel train DEL-02 minimum acceleration should be  $0.4 \text{ m/s}^2$ , and the maximum acceleration should be in the range of  $0.8$  to  $1 \text{ m/s}^2$ . The current design of the traction power allowed the acceleration at the level of  $0.38 \text{ m/s}^2$ .

The resolution of these technical issues through comprehensive modernization based on the experience of the syn-thesis and utilization of industrial transport of electric drives improves the efficiency of the control system of the traction power transmission diesel-train DEL-02. This will speed up the full transition Ukrzaliznytsya for the traction system of domestic production, and, in perspective, to create conditions for export of this traction unit or its components traction modules and units (that is real, given the competitive price, the needs of many States in diesel trains and high technical efficiency of a diesel train DEL-02 subject to a decision of the specified problems).

#### References

1. Basov G.G. Прогнозування розвитку дизель-поїздів для залізниць України [Development Forecasting the Diesel-trains for the Ukrainian Railroads]. Kharkiv: Apeks+, 2004, 240 p.
2. Diesel-trains with manual transmission // Zheleznye dorogi mira [Railways of the World]. 2006, no.10, pp.25-27.
3. Shafi Naderi Ali Asgar. Sovremennye dizel'-poezda [Modern diesel trains] // Zheleznye dorogi mira [Railways of the World]. 2003, no.12, pp.22-33.
4. Lokomotiv dlja Evropy bez granic [Locomotive for Europe Without Borders] // Zheleznye dorogi mira [Railways of the World]. 2008, no.4, pp.35-41.
5. Kulagin D.O. Проектирование систем управления тяговыми электродвигателями моторвагонных поездов [Design of Control Traction Power Multiple Units]. Beryansk: FO-P Tkachuk O.V., 2014. 154 p.
6. Alekseev A.E., Burkov A.T., Rudakov B.V. Novoe napravlenie v tjavovom privode dlja jelektropodvizhnogo sostava [A new direction in traction drive for electric rolling] // Usovershenstvovanie sistem jelektricheskogo podvizhnogo sostava / Sb. nauch. tr. Leningr. in-t inzh. zh.-d. transp. [Improvement of systems of electric rolling stock. Research collection of Leningrad Institute of Railway Transport]. Leningrad: 1972, no.336, pp. 3-13.
7. Andrienko P.D., Loboda V.D., Mishhenko A.V. Preobrazovatel' chastoty dlja jelektropredachi zheleznodorozhnogo transporta [Frequency converters for electro-power rail transport] // Elektrotehnika i elektroenergetika [Electrical and Power]. 2001, no.1, pp.55-58.
8. Basov G.G., Falendish A.P. Використання дизельного рухомого складу в приміському русі // Nauchno-tehnicheskij sbornik «Kommunal'noe hozjajstvo gorodov» [Scientific and technical collection «Utilities of Cities»]. 2003, no.47, pp.201-206.
9. Alekseev A.E., Kulagin D.O., Kachur O.S., Andrienko P.D. Розробка моделі модернізованого частотно-керованого тягового електродвигача зі змінним алгоритмом керування дизель-потяга ДЕЛ-02 [Developing a model modernized frequency-controlled electric-traction roprivoda variable control algorithm diesel train DEL-02] // Електротехніка та електроенергетика [Electrical and Power]. 2010, no.1, pp. 30-34.
10. Noskov V.I., Dmitrenko V.D., Zapolovskij N.I., Leonov S.Ju. Modelirovanie i optimizacija sistem upravljenija i kontrolja lokomotivov [Simulation and optimization of management and control systems of locomotives]. Har'kov: Transport of Ukraine, 2003, 324 p.
11. Orlovskij I.A., Kuleshov A.N. Uchet uprugih svjazej i raspredelennoj nagruzki pri vektornom upravljenii asinhronnym tjavovym privodom dizel'-poezda [Accounting of elastic connections and distributed load with vector control induction motor traction drive diesel train] // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту ім. В. Лазаряна [Vestnik of Lazaryan Dnipropetrovsk National University of Railway Transport]. 2007, no.19, pp. 209-213.
12. Silovoj agregat Powerpack dizel'-poezda Talent [The Power Unit Powerpack of Diesel Train Talent] // Zheleznye dorogi mira [Railways of the World]. 2002, no.2, pp. 21-23.
13. Tishhenko A.I. Spravochnik po jelektropodvizhnomu sostavu, teplovozam i dizel'-poezdam [Handbook of electric rolling stock, locomotives and diesel trains]. Moscow: Transport, 1976, vol.1, 432 p.
14. Congfeng Jiang. Energy Management for Microprocessor Systems: Challenges and Existing Solutions / Congfeng Jiang, Xianghua Xu, Jian Wan, Xindong You // International Symposium on Intelligent Information Technology Application Workshops, 2008, pp. 1071-1076.
15. Kulagin D.O. Спосіб апроксимації кривої намагнічування тягового асинхронного двигуна [Approximation Method of the Magnetization Curve of Traction Induction Motor]// Електротехніка та електроенергетика [Electrical and Power]. 2013, no.2, pp.66-70.

#### Information about author

**Kulagin Dmitrij Aleksandrovich** – Ph.D (Eng.), Associate Professor, The Department «Electrosupply of the industrial enterprises», Zaporozhye National Technical University, Ukraine. Phone: +38-066-236-52-71. E-mail: nemix123@rambler.ru.

#### ИНФОРМАЦИЯ О СТАТЬЕ НА РУССКОМ ЯЗЫКЕ

### ПЕРСПЕКТИВЫ СОЗДАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ДИЗЕЛЬ-ПОЕЗДОВ В СТРАНАХ ЕВРАЗИЙСКОГО ПРОСТРАНСТВА

**Кулагин Дмитрий Александрович** – канд. техн. наук, доц. кафедры «Электроснабжение промышленных предприятий», Запорожский национальный технический университет, г. Запорожье, Украина. Тел.: +38-066-236-52-71. E-mail: nemix123@rambler.ru.

**Аннотация.** В статье проанализированы краткая история, современное состояние и научно-практические перспективы создания современного парка дизель-поездов для скоростного движения. Показано, что неэкономичность использования локомотивной тяги в пригородном движении и перспектива списания в ближайшее десятилетие значительного количества дизель-поездов, которые сегодня эксплуатируются на евразийских железных дорогах, все острее ставит вопрос создания нового подвижного состава для пригородных перевозок с современной тяговой передачей. Вследствие этого выполнено аналитическое исследование современных тенденций к конструированию дизель-поездов, анализ и сравнение различных типов тяговых передач, в результате чего выделены ос-

новные перспективы научных исследований в соответствующих отраслях науки. Проведенное исследование позволяет выделить основные направления развития дизельного подвижного состава, которые позволят создать прогрессивные конструкционные практические решения на основе научных изысканий ученых в данной отрасли.

**Ключевые слова:** дизель-поезд, тяговая передача, пригородное движение, моторвагонный подвижной состав, модернизация, скоростное движение.

#### Список литературы

1. Басов Г.Г. Прогнозування розвитку дизель-поїздів для залізниць України. Харків: Апекс+, 2004. 240 с.

2. Дизель-поезда с механической передачей // Железные дороги мира. 2006. №10. С.25-27.
3. Шафи Надери Али Асгар. Современные дизель-поезда // Железные дороги мира. 2003. №12. С.22-33.
4. Локомотив для Европы без границ // Железные дороги мира. 2008. №4. С.35-41.
5. Кулагин Д.О. Проектирование систем управления тяговыми электропередачами моторвагонных поездов. Бердянск: ФО-П Ткачук О. В., 2014. 154 с.
6. Алексеев А.Е., Бурков А.Т., Рудаков Б.В. Новое направление в тяговом приводе для электроподвижного состава // Усовершенствование систем электрического подвижного состава / Сб. науч. тр. Ленингр. ин-т инж. ж.-д. трансп. Л., 1972. №336. С.3-13.
7. Андриенко П.Д., Лобода В.Д., Мищенко А.В. Преобразователи частоты для электропередачи железнодорожного транспорта // Электротехника та електроенергетика. 2001. №1. С.55-58.
8. Басов Г.Г., Фалендиш А.П. Використання дизельного рухомого складу в приміському русі // Научно-технический сборник «Коммунальное хозяйство городов». 2003. №47. С.201-206.
9. Кулагин Д.О., Качур О.С., Андриенко П.Д. Розробка моделі модернізованого частотно-керованого тягового електроприводу зі змінним алгоритмом керування дизель-потяга ДЕЛ-02 // Електротехніка та електроенергетика. 2010. №1. С.30-34.
10. Носков В.И., Дмитренко В.Д., Заполовский Н.И., Леонов С.Ю. Моделирование и оптимизация систем управления и контроля локомотивов. Харьков: ХФИ «Транспорт Украины», 2003. 248 с.
11. Орловский И.А., Кулешов А. Н. Учет упругих связей и распределенной нагрузки при векторном управлении асинхронным тяговым приводом дизель-поезда // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту ім. В. Лазаряна. 2007. №19. С.209-213.
12. Силовой агрегат Powerpack дизель-поезда Talent // Железные дороги мира. 2002. №2. С.21-23.
13. Тищенко А.И. Справочник по электроподвижному составу, тепловозам и дизель-поездам. М.: Транспорт, 1976. Т.1. 432 с.
14. Congfeng Jiang, Congfeng Jiang, Xianghua Xu, Jian Wan, Xindong You. Energy Management for Microprocessor Systems: Challenges and Existing Solutions // International Symposium on Intelligent Information Technology Application Workshops. 2008. pp.1071-1076.
15. Кулагин Д.О. Спосіб апроксимації кривої намагнічування тягового асинхронного двигуна // Електротехніка та електроенергетика. 2013. №2. С.66-70.

УДК 625.144.5/7

Фокин С.В., Бунаков П.Ю.

## НАДЕЖНОСТЬ РАБОТЫ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ПУТЕВЫХ МАШИН: ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ РЕШЕНИЯ

**Аннотация.** В статье дается общее представление о необходимости применения бортовой системы мониторинга и диагностики на железнодорожных путевых машинах. Приводится методика выделения групп элементов, подлежащих диагностированию. Предлагается структурная схема, принцип организации человеко-машинного интерфейса и способ внедрения современной системы мониторинга и диагностики на железнодорожных путевых машинах.

**Ключевые слова:** система мониторинга и диагностики, путевые машины, диагностирование, человеко-машинный интерфейс.

Железные дороги – основная стратегическая транспортная сеть практически любого государства. Ритмичность и интенсивность железнодорожных перевозок является главным фактором, определяющим состояние экономики страны, поэтому состояние железнодорожного полотна служит ключом к обеспечению эффективного грузооборота. Для решения соответствующего комплекса проблем используются различные путевые машины. По этой причине, одним из важных направлений работы в железнодорожной отрасли является совершенствование специального подвижного состава. Высокая производительность и надежность машин дает возможность постоянно поддерживать состояние полотна в требуемом состоянии, гарантирующем высокий темп передвижения транспорта. Неисправность путевой машины часто приводит к значительным убыткам, поскольку нарушение графика ремонтных работ вызывает сбои в расписании движения поездов.

С развитием технологий ремонта и обслуживания пути, в конструкциях специального подвижного состава появляются новые агрегаты и узлы. Это приводит к повышению производительности путевых машин и снижению эксплуатационных затрат, а также дает возможность замены планового ремонта путевой техники ремонтом с учетом технического состояния подвижного состава. Решение данной задачи требует внедрения современных методов мониторинга, кон-

троля и диагностики, которые позволяли бы своевременно и достоверно оценивать состояние узлов и деталей. Мониторинг текущего состояния путевых машин дает возможность выявить проблемы в их работе ещё до того, как они станут причиной поломки оборудования. В условиях эксплуатации, перспективной является бортовая система мониторинга, обеспечивающая оперативный контроль состояния машины и предоставляющая достоверные данные о работе отдельных узлов в реальном времени. Она должна быть универсальной (адаптируемой к различным типам машин), быстро окупаемой, сравнительно недорогой, максимально простой в эксплуатации и потребляющей минимальное количество энергии [1].

Наиболее сложной задачей при построении систем мониторинга и технической диагностики является выделение групп элементов, подлежащих диагностированию. Для разработки такой системы классификации целесообразно использовать технико-экономические критерии.

В число диагностируемых включаются те элементы подвижного состава, исправность которых в наибольшей степени обеспечивает безопасность движения и работоспособность каждой единицы подвижного состава. Отказы диагностируемых элементов непосредственно вызывают нарушение графика движения поездов, а также приводят к значительным энергозатратам на перевозки. Приоритетными для ди-

агностирования являются элементы, ресурс которых лимитирован. Устранение отказов в этих элементах приводит к длительным простоям подвижного состава и большим материальным затратам.

К недиагностируемым элементам каждой единицы подвижного состава относится оборудование, диагностирование которого экономически нецелесообразно или технически невозможно. Недиагностируемые элементы должны обладать высоким уровнем безотказности, несущественным влиянием отказов на работоспособность подвижного состава, небольшими материальными затратами на устранение отказов. Нецелесообразность диагностирования может обуславливаться значительностью затрат на создание средств диагностирования или методической сложностью разработки средств определения предотказного состояния оборудования с требуемой достоверностью [2].

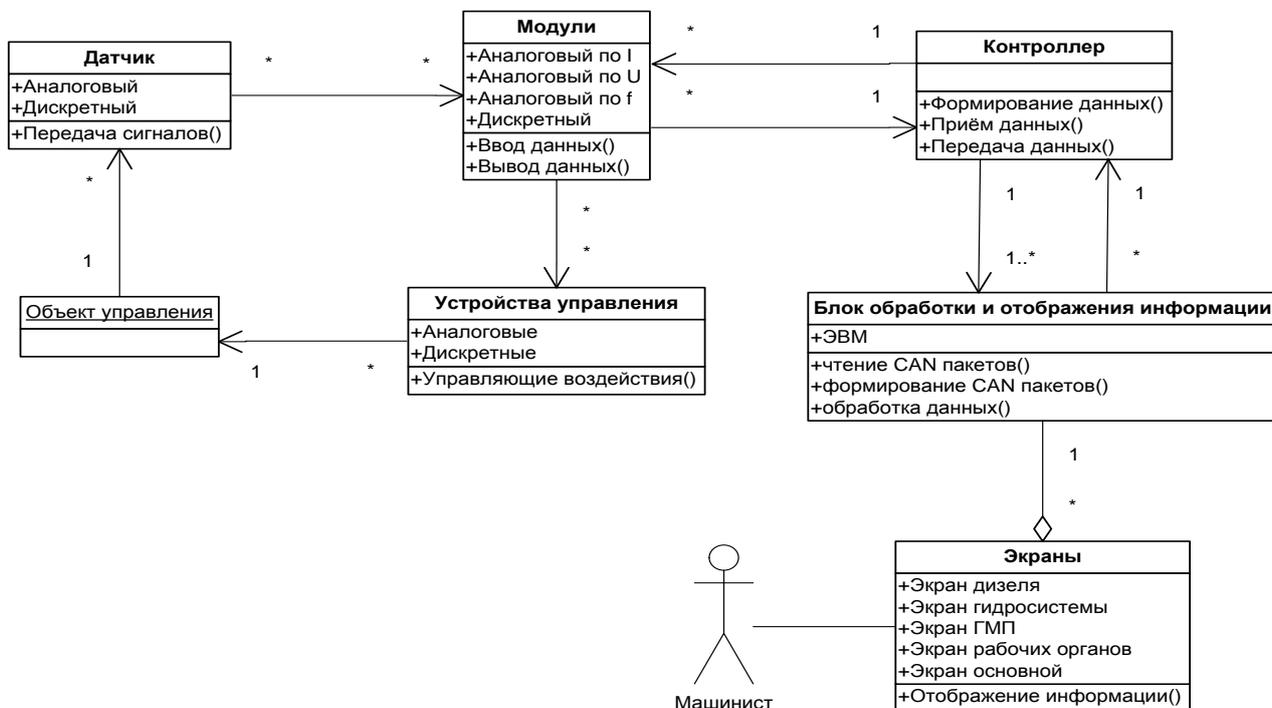
Функциональность системы диагностики в значительной степени зависит от наличия датчиков в цепях путевого машины. Именно они определяют совокупность диагностических сигналов, которые можно использовать при мониторинге технического состояния путевого машины [3].

Для системы мониторинга и диагностики целесообразно выбрать структурную модель, представленную на рисунке. На диагностируемых агрегатах путевого машины расположены датчики, осуществляющие первичное преобразование наблюдаемого параметра в сигнал. Сигнал с датчиков поступает на модули ввода-вывода, входящие в состав блока низкоуровневой обработки данных, которым управляет специализированный контроллер. Модули ввода-вывода имеют достаточно широкий ассортимент и их можно подобрать практически под любой вид датчика. Контроллер,

опрашивая всю линейку модулей ввода-вывода, формирует пакеты данных в соответствующем протоколе (например, CAN), которые содержат информацию обо всех диагностируемых агрегатах путевого машины и передает их в блок обработки и отображения информации (БООИ). Помимо этого он способен принимать данные от БООИ и выдавать управляющие сигналы на модули ввода-вывода. Для реализации человеко-машинного интерфейса и алгоритмов работы системы в целом используется БООИ, основанный на персональной ЭВМ. Он принимает пакеты данных от контроллера и на их основе формирует изображения приборов, наглядно показывающих машинисту состояние агрегатов. Кроме этого, в БООИ происходит анализ состояния агрегатов и формирование управляющих команд. Оконечным звеном структурной модели является монитор системы контроля и диагностики. Именно он обеспечивает непосредственную реализацию человеко-машинного интерфейса. Монитор разделен на тематические экраны, переключение между которыми осуществляется с помощью сенсорных кнопок на этом же мониторе.

Следует заметить, что создание специализированных бортовых систем диагностирования без функций управления представляется нецелесообразным из-за проблем их технического обслуживания, поскольку возможность эксплуатации путевого машины при неработающей системе диагностирования приводит к постепенному выходу машины из строя. Если же диагностирование является одной из функций бортовой системы, то её эксплуатация будет успешной [3].

Человеко-машинный интерфейс автоматизированной информационной системы отражает все те аспекты работы путевого машины, с которыми непо-



Структурная схема системы контроля и диагностики путевых машин

средственно соприкасается пользователь (машинист). Эффективный пользовательский интерфейс должен обеспечивать простоту освоения и запоминания операций, а также быстроту достижения целей, установленных для решаемых системой задач. Особенностью создания человеко-машинного интерфейса бортовой системы диагностики является решение вопросов представления информации в наиболее простых и интуитивно понятных для человеческого восприятия формах. Помимо этого необходимо решить задачи структурирования отображения информации на экране таким образом, чтобы привлечь внимание пользователя к наиболее важным информационным элементам. По этим причинам эффективная реализация пользовательского интерфейса бортовой системы мониторинга и диагностики весьма существенна для обеспечения целевой функции – достижения требуемого качества условий работы машиниста [4].

Поскольку путевая машина является сложным техническим объектом и, следовательно, число контролируемых агрегатов и систем достаточно велико, необходимо разбить приборы на функциональные группы. Рассмотрим решение данной проблемы на примере путевой машины «Распределитель и планировщик балласта РПБ-01» производства ОАО «Калугапутьмаш». В ней выделяется пять групп приборов, отображающих:

- рабочие органы путевой машины;
- состояние агрегатов гидросистемы;
- состояние двигателя;
- состояние агрегатов гидропередачи (ГМП);
- общее текущее состояние машины.

Целесообразно разместить информационные блоки о работе этих приборов на отдельных экранах системы мониторинга для того, чтобы машинист мог работать в требуемом режиме и видеть только необходимые ему в данный момент данные. Переключение между экранами происходит с помощью сенсорных кнопок. Фон, цветовая гамма, внешний вид приборов и их размеры регламентируются «Методика аттестации рабочих мест по условиям труда для локомотивных бригад. МПС России от 25.06.99 № ЦТ-21.2-99». Помимо визуального отображения, обязательно наличие звукового сигнала для информирования об аварийном событии и требования ответной реакции машиниста. Для этого на пульт машиниста вынесена специальная тревожная кнопка, которая при возникновении аварийной ситуации начинает мигать в течение пяти секунд, после чего зуммер издает громкий звук, отключить который можно лишь нажатием на тревожную кнопку. При этом кнопка продолжает светиться до тех пор, пока аварийная ситуация остается актуальной. Такая система оповещения дублируется тревожными сообщениями на мониторе системы диагностики и контроля, а также необходимыми информационными сообщениями. Всё это в комплексе позволяет максимально привлечь внимание машиниста в случае возникновения тревожной ситуации и помогает принять меры по её ликвидации.

В зависимости от условий эксплуатации, специ-

фики работы путевой машины и климатических условий, рабочие зоны агрегатов могут различаться. К примеру, в соответствии с заводскими техническими требованиями частота оборотов двигателя в рабочем режиме должна быть не менее 1000 об./мин. В том случае, когда машина будет работать в зоне пониженных температур, минимальная частота работы двигателя составляет уже 1100 об./мин., и при 1000 об./мин. не все агрегаты путевой машины могут функционировать. Следовательно, если машина будет работать в северных условиях, то необходимо изменить границу допустимых значений параметра оборотов двигателя. Интерфейс должен позволять сделать это силами обслуживающего персонала путевой машинной станции (ПМС), которая эксплуатирует данную путевую машину. В противном случае, если функцию изменения допустимых границ приборов сможет выполнить только разработчик программы, обслуживание системы контроля и диагностики будет затруднительно и экономически неоправданно дорого. Аналогичная ситуация имеет место с тарировкой датчиков. В процессе эксплуатации характеристики различных датчиков могут изменяться, поэтому возникает необходимость в их тарировке. Данная задача должна решаться силами обслуживающего персонала ПМС, а не специалистами фирмы-разработчика. Другими словами, человеко-машинный интерфейс системы контроля, диагностики и управления путевой машины, помимо наглядного отображения информации о состоянии агрегатов, должен обеспечивать возможность выполнения необходимых корректировок собственных параметров настройки.

Поскольку реализация человеко-машинного интерфейса напрямую связана с разработкой программного обеспечения (ПО), необходимо обеспечить защиту программ от нежелательных вмешательств. Кроме этого необходимо вести журнал событий и хранить его в зашифрованном виде, чтобы обеспечить возможность восстановления цепи событий в случае поломки или какого-либо происшествия на путевой машине. Для этих целей операционная система (ОС) системы контроля и диагностики работает в защищенном режиме, то есть все изменения происходят только в оперативной памяти, и при перезагрузке ОС возвращается в заданное разработчиком состояние. В то же время ПО БООИ постоянно с заданной периодичностью записывает данные в зашифрованном виде на диск, где они хранятся в течение определенного промежутка времени и могут быть проанализированы обслуживающим персоналом.

Система контроля и диагностики включает в себя самые различные элементы – от первичных преобразователей параметров (датчиков) до интерфейса машиниста, поэтому целесообразно разделить программное обеспечение на программу низкого уровня, осуществляющую сбор сигналов датчиков и преобразующую их в пакеты, доступные для обработки программой высокого уровня, которая, в свою очередь, обеспечит реализацию человеко-машинного интерфейса. Подробное разделение повышает надежность

ПО, а, следовательно, и всей системы в целом, а также позволяет распределить вычислительную нагрузку между контроллером низкого уровня и ЭВМ БООИ. Для регулирования нагрузки на контроллер возможно регулировать частоту опроса модулей ввода-вывода. Например, опрос модулей, получающих быстроизменяющиеся данные (частота вращения двигателя и т.п.), происходит в несколько раз чаще, нежели опрос модулей, следящих за медленноменяющимися параметрами (температура двигателя и т.п.).

Связь между контроллером и БООИ происходит по протоколу CAN. Это обусловлено хорошей помехоустойчивостью CAN-канала, его распространенностью в транспортной сфере и высокой степенью надежности [5].

Предлагаемая система диагностики может быть установлена как на разрабатываемую перспективную путевую технику, так и на серийно производимую. Однако удобнее процесс внедрения и наладки выполнять на новых машинах, чтобы иметь возможность внесения корректив в конструкторскую документацию для обеспечения оптимального расположения блоков системы на борту машины.

Рассмотренная система является современной системой контроля и диагностики путевой машины для

соответствующих условий эксплуатации. Она отличается от существующих применением современных более производительных модулей и высокой степенью универсальности, что позволяет использовать её для любых путевых машин самого различного назначения. Важным преимуществом системы является минимальное время, необходимое на ее адаптацию к заданным техническим параметрам.

#### Список литературы

1. Коровина М.С. Перспективы применения систем тестово-функционального мониторинга специального самоходного подвижного состава в условиях эксплуатации // Системы автоматизированного проектирования на транспорте / 2 междунар. науч.-практ. семинар студентов, аспирантов и молодых ученых. Спб.: 2011. С.14-16.
2. Наговицын В.С., Калмыков А.А., Елфимов В.И. Комплексная информационно-измерительная система технического диагностирования подвижного состава // Автоматика, связь, информатика. 1999, №10. С.46-48.
3. Липа К.В. Мониторинг технического состояния локомотивов по данным бортовых микропроцессорных систем управления. М.: ТМХ-Сервис, 2013. 155 с.
4. Чигирева И.В. Методы и средства создания человеко-машинного интерфейса мультимедийных автоматизированных обучающих систем: дис. ... канд. техн. наук. Пенза: ПГУ, 2005. 241 с.
5. IXXAT Automation GmbH. Сравнение CAN и RS-485. URL: [www.datamicro.ru/download/CAN\\_vs\\_RS485\[EA,%20rus\].pdf](http://www.datamicro.ru/download/CAN_vs_RS485[EA,%20rus].pdf). Дата обращения [14.04.2013].

#### Сведения об авторах

**Фокин Сергей Владимирович** – аспирант, Московский государственный областной социально-гуманитарный институт, инженер-программист, ОАО «Научно-исследовательский и конструкторско-технологический институт подвижного состава», г. Коломна, Россия. Тел: +7-916-983-45-29. E-mail: Sergei-Kolomna@mail.ru.

**Бунаков Павел Юрьевич** – д-р техн. наук, проф. кафедры «Информатика», Московский государственный областной социально-гуманитарный институт, г. Коломна, Россия. Тел: +7-916-679-38-86. E-mail: pavel\_jb@mail.ru.

#### INFORMATION ABOUT THE PAPER IN ENGLISH

### RELIABILITY OF RAILWAY TRAVELLING MACHINES OPERATION: PROBLEMS AND SOLUTIONS

**Fokin Sergey Vladimirovich** – Postgraduate Student, Moscow State Regional Social and Humanitarian Institute, Software Engineer, JSC «Research and Design-technology Institute of a Rolling Stock», Kolomna, Russia. Phone: +7-916-983-45-29. E-mail: Sergei-Kolomna@mail.ru.

**Bunakov Pavel Yur'evich** – D.Sc.(Eng.), Professor, Department «Informatics», Moscow State Regional Social and Humanitarian Institute, Kolomna, Russia. Phone: +7-916-679-38-86. E-mail: pavel\_jb@mail.ru.

**Abstract.** The article gives an overview of the need for on-board monitoring and diagnostic system for railway track machines. The technique of separation of groups of elements to be diagnosis. Offered a block diagram organizing principle of human-computer interface and method of implementing a modern system for monitoring and diagnosis on railway track machines.

**Keywords:** Monitoring and diagnostic system, railway track maintenance machines, diagnostic, human-computer interface.

#### References

1. Korovina M.S. Perspektivy primeneniya sistem testovo-funktional'nogo monitoringa special'nogo samohodnogo podvizhnogo sostava v usloviyah jekspluatatsii [Prospects for the use of test systems and functional monitoring of special self-propelled rolling stock in service conditions] // Sistemy avtomatizirovannogo proektirovaniya na transporte [Computer-Aided Design at Transport] / 2 mezhdunar. nauch.-prakt. seminar studentov, aspirantov i molodykh uchenykh [2 international scientific and practical seminar of students, graduate students and young scientists]. St. Petersburg., 2011, pp.14-16.
2. Nagovicyn V.S., Kalmykov A.A., Elfimov V.I. Kompleksnaja informacionno-izmeritel'naja sistema tehničeskogo diagnostirovaniya podvizhnogo sostava [Comprehensive information-measuring system of technical diagnostics of rolling stock] // Avtomatika, svjaz', informatika [Automation, communication, computer science]. 1999, no.10. pp.46-48.
3. Lipa K.V. Monitoring tehničeskogo sostojanija lokomotivov po dannym bortovyh mikroprocessornyh sistem upravlenija [Monitoring the technical condition of locomotives according onboard microprocessor control systems]. Moscow: TMH-Servis, 2013, 155p.
4. Chigireva I.V. Metody i sredstva sozdaniya čeloveko-mashinnogo interfejsa m'ultimedijnyh avtomatizirovannyh obučajushih sistem [Methods and tools for creating HMI multimedia automated training systems]. Penza: PSU, 2005, 241p.
5. IXXAT Automation GmbH. Sravnenie CAN i RS-485 [IXXAT Automation GmbH. Comparing CAN and RS-485]. [Online]. Available: [www.datamicro.ru/download/CAN\\_vs\\_RS485\[EA,%20rus\].pdf](http://www.datamicro.ru/download/CAN_vs_RS485[EA,%20rus].pdf) [2013, April 14].

# МЕТОДОЛОГИЯ ТРАНСПОРТНОЙ НАУКИ

УДК 656.257:681.32

Каменев А.Ю.

## ДОСТОВЕРНОСТЬ МЕТОДОВ КОМБИНИРОВАННЫХ ИСПЫТАНИЙ СИСТЕМЫ МИКРОПРОЦЕССОРНОЙ ЦЕНТРАЛИЗАЦИИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ СТАНЦИЙ

**Аннотация.** Рассмотрен вопрос достоверности методов комбинированных испытаний микропроцессорной централизации, основанных на синтезе имитационного и физического моделирования работы устройств нижнего уровня. Подтверждена возможность корректного использования данных методов при минимальном количестве подключаемой к стенду аппаратуры в условиях ограниченных статистических данных о функционировании систем централизации.

**Ключевые слова:** комбинированные испытания, микропроцессорная централизация, достоверность, микростатистика, метод максимального правдоподобия, распределение Стьюдента, неравноточные наблюдения.

**Введение.** Основным мероприятием по обеспечению и доказательству безопасности устройств железнодорожной автоматики, в т.ч. микропроцессорной централизации стрелок и сигналов (МПС) на станциях, являются стендовые испытания [1,2]. С целью повышения их тестового покрытия и снижения ресурсоёмкости, автором были разработаны методы комбинированных испытаний, основанные на синтезе имитационного и физического моделирования работы устройств нижнего уровня МПС. Их суть изложена в работах [3, 4], а способы реализации – в патенте [5].

Учитывая, что из каждого класса эквивалентности  $LL_i$ , на которые разбивается множество устройств нижнего уровня  $LL$ , к стенду подключается весьма ограниченная выборка элементов  $\{ll_j\}$  (в предельном случае используется одна система представителей на множестве  $LL$ , т.е.  $[\{ll_j\}] = 1$ ), возникает проблема достоверности распространения результатов испытаний на всю систему. Это связано с тем, что вследствие отклонения параметров отдельного элемента  $ll_{op} \in LL_i$ , вызванного производственным браком, множество  $LL_i$  перестаёт быть классом эквивалентности, а таковым становится  $LL_i^e = LL_i / \{ll_{op}\}$ . Для исключения элементов  $ll_{op}$  одним из необходимых условий комбинированных испытаний является предварительная экспертиза устройств нижнего уровня, по результатам которой элементы  $\{ll_{op}\}$  отсеиваются или ремонтируются. Однако всегда существует множество неучтённых факторов, воздействие которых приводит к случайным ошибкам, вследствие которых возникает множество  $LL_i^{ou} = \{ll_{ou}\}$  с невыявленными отклонениями параметров, подключение элементов которого к стенду приводит к ошибочным результатам испытаний. Таким образом, оценка достоверности состоит в определении вероятности  $P(E)$  принадлежности произвольно выбранного элемента  $ll \in LL_i$  классу эквивалентности  $LL_i^e$ :  $P(E) = P(ll \in LL_i^e)$  [6].

**Достоверность при значительной статистике данных о браке.** Правильная организация выходного контроля продукции позволяет исключить системати-

ческие ошибки, поэтому при расчёте вероятности  $P(E)$  можно ограничиться рассмотрением только случайных ошибок [6, 7], которые, согласно теореме Ляпунова, распределены по нормальному закону. Ему соответствуют также величины  $\omega = \omega_{ih} = (N_{ou}/N_{обц}) \times 100\%$ , где  $N_{ou}$  и  $N_{обц}$  – соответственно количество выявленных во время опытной эксплуатации бракованных изделий определённого типа и общее их количество. Событие  $E$  при этом можно считать пересечением двух событий: не превышения процента брака  $\omega$  некоторого значения  $\omega_{max}$  ( $\omega \leq \omega_{max}$ ) и выбора изделия из совокупности  $N_{обц} - N_{ou}(\omega_{max})$  исправных приборов. Второе событие зависит от первого, откуда, согласно правилу нахождения условной вероятности, значение  $P(E)$  определяется по формуле [6]:

$$P(E) = P(\omega \leq \omega_{max}) \times P_{\omega \leq \omega_{max}}(ll \in LL_i^e). \quad (1)$$

Учитывая, что из всех  $N_{обц}$  исходов выбора исправному элементу соответствуют  $N_{обц} - N_{ou}$ , согласно классическому определению, вероятность второго события равна [6]

$$P_{\omega \leq \omega_{max}}(ll \in LL_i^e) = \frac{N_{обц} - N_{ou}^{max}}{N_{обц}} = 1 - \frac{N_{ou}^{max}}{N_{обц}} = 1 - \frac{\omega_{max}}{100\%}, \quad (2)$$

где  $N_{ou}^{max}$  – количество бракованных изделий, определяемое процентом  $\omega_{max}$ .

Тогда формула (1) принимает следующий вид

$$P(E) = P(\omega \leq \omega_{max}) \times \left(1 - \frac{\omega_{max}}{100\%}\right) = \frac{P(\omega \leq \omega_{max}) \times (100\% - \omega_{max})}{100\%}. \quad (3)$$

Поскольку процент брака не может быть отрицательным, над интервалом  $\omega < \omega_{max}$  выполнимы следующие тождественные преобразования:

$$\begin{aligned} (\omega \leq \omega_{max}) &\equiv (0 \leq \omega \leq \omega_{max}) \equiv (\omega_o - \Delta\omega = 0 \leq \omega \leq \omega_o + \Delta\omega = \omega_{max}) \\ &\equiv (-\Delta\omega \leq \omega - \omega_o \leq +\Delta\omega). \end{aligned} \quad (4)$$

Значения  $\omega_o$  и  $\Delta\omega$  находятся из следующей системы уравнений

$$\begin{cases} \omega_o - \Delta\omega = 0, \\ \omega_o + \Delta\omega = \omega_{max}; \end{cases} \rightarrow \begin{cases} \omega_o = \Delta\omega, \\ 2\Delta\omega = \omega_{max}; \end{cases} \rightarrow \omega_o = \Delta\omega = \frac{\omega_{max}}{2}. \quad (5)$$

С учётом (5), вероятность  $P(E) = P(\omega \leq \omega_{max})$  определяется через интегралы вероятностей Лапласа

следующим образом [6]

$$P(E) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{\frac{\omega_{\max}}{2}}^{\frac{\omega_{\max}}{2}} e^{-\frac{(\omega - \frac{\omega_{\max}}{2})^2}{2\sigma^2}} d\left(\omega - \frac{\omega_{\max}}{2}\right) = \sqrt{\frac{2}{\pi}} \int_0^{\chi} e^{-\frac{\chi^2}{2}} d\chi = 2\Phi(\chi), \quad (6)$$

где  $\sigma$  – среднее квадратичное отклонение (СКО) случайной величины  $\omega$ ;  $\chi = (\omega - \omega_{\max} / 2) / \sigma = (2\omega - \omega_{\max}) / 2\sigma$  – преобразователь интеграла вероятностей в интеграл Лапласа;  $\Phi(\chi)$  – функция (интеграл) Лапласа.

В большинстве случаев величина  $\sigma$  неизвестна, поэтому, согласно классической теории ошибок [6], следует воспользоваться методом максимального правдоподобия и формулой Бесселя, согласно которым СКО заменяется средним значением выборочного стандарта  $s_{cp} \approx \sigma$

$$\sigma \rightarrow s_{cp} = \sqrt{\frac{1}{\rho(\rho-1)} \sum_{h=1}^{\rho} (\omega_{ih} - \omega_{cp})^2}, \quad \omega_{cp} = \frac{1}{\rho} \sum_{h=1}^{\rho} \omega_{ih}, \quad (7)$$

где  $\omega_{cp}$  – среднее значение параметра  $\omega_{ih}$  для всех объектов сбора статистических данных (железнодорожных станций, на которых эксплуатируется МПЦ) – его точечная оценка;  $\rho$  – количество наблюдений величины  $\omega_{ih}$  (железнодорожных станций).

Таким образом, при достаточном количестве данных об эксплуатации МПЦ, определяемым величиной  $\rho$ , достоверность методов комбинированных испытаний (МКИ) определяется по формулам (3), (6) и (7).

**Достоверность при микростатистике данных эксплуатации и неравнозначности эксплуатируемых объектов.** Особую проблему при определении вероятности  $P(E)$  может представлять случай, когда количество объектов внедрения МПЦ невелико ( $2 \leq \rho < 20$ ), что характерно для многих систем отечественной разработки [8]. Её решение может быть достигнуто применением распределения Стьюдента, широко используемом в статистике малых выборок (микростатистике). На основании его правил [6,7], с учётом формул (5)-(7) и принятых выше допущений (в т.ч.  $\sigma \rightarrow s_{cp}$ ), можно записать промежуточное значение вероятности

$$\begin{aligned} P\left(-t_p \leq u = \frac{\omega_{cp} - \frac{\omega_{\max}}{2}}{s_{cp}} \leq +t_p\right) &= \\ &= P(2\omega_{cp} - 2t_p s_{cp} \leq \omega_{\max} \leq 2\omega_{cp} + 2t_p s_{cp}) = \\ &= \int_{-t_p}^{+t_p} \frac{\Gamma\left(\frac{\kappa+1}{2}\right)}{\sqrt{\pi\kappa}\Gamma\left(\frac{\kappa}{2}\right)} \left(1 + \frac{u^2}{\kappa}\right) du = \\ &= 2 \int_0^{+t_p} \frac{\Gamma\left(\frac{\kappa+1}{2}\right)}{\sqrt{\pi\kappa}\Gamma\left(\frac{\kappa}{2}\right)} \left(1 + \frac{u^2}{\kappa}\right) du = S(t_p, \kappa) \end{aligned} \quad (8)$$

где  $\Gamma(z)$  – гамма-функция (интеграл Эйлера 2-го рода);  $\kappa = \rho - 1$  – коэффициент Стьюдента (количество степеней свободы распределения Стьюдента).

Так как  $P(\omega_{\max} < 0) = 0$ , учитывая возможную потерю покрытия значений отрезка  $[0; 2\omega_{cp} - 2t_p s_{cp}]$ , при условии допустимости брака на уровне  $\omega_{\max} = 2\omega_{cp} + 2t_p s_{cp}$ , можно считать, что вероятность  $S(t_p, \kappa) \leq P(\omega < \omega_{\max})$ , откуда следует

$$P(E') = P(E) - P(\Delta E) = P(\omega_{\min} \leq \omega \leq \omega_{\max}) \times \quad (9)$$

где  $\Delta E$  – принадлежность  $\omega \in [0; \omega_{\min}]$ , несовместимая с  $E'$ ;  $\omega_{\min} = 2\omega_{cp} - 2t_p s_{cp}$  – условное минимальное расчётное значение величины  $\omega$ .

Согласно неравенства (9), вместо  $P(E)$  можно воспользоваться вероятностью  $P(E') \leq P(E)$ . Таким образом, в условиях микростатистики достоверность МКИ определяется с учётом  $t_p$  и  $\kappa$  по формулам (3), (8) и (9).

Ещё одной проблемой, возникающей при определении достоверности МКИ, является возможная неравнозначность объектов внедрения МПЦ. Сбор данных в процессе эксплуатации с таких объектов является частным случаем неравнозначных наблюдений [6, 7]. Для её решения можно воспользоваться методом взвешивания, предложенным в работе [6]: каждой станции приписывается свой вес, выраженный целым числом. При этом наблюдение с весом  $m_{ih}$  равноценно  $m_{ih}$  наблюдениям с единичным весом. В этом случае выражения для  $\omega_{cp}$  и  $s_{cp}$  в формулах (6) и (8) принимают следующий вид [6]

$$\begin{aligned} \omega_{cp} &= \frac{1}{\sum_{h=1}^{\kappa+1} m_{ih}} \sum_{h=1}^{\kappa+1} [m_{ih}(\omega_{ih} - a)] + a, \quad s_{cp} = \\ &= \sqrt{\frac{1}{\kappa(\kappa+1)} \left\{ \sum_{h=1}^{\kappa+1} m_{ih}(\omega_{ih} - a)^2 - \frac{1}{\sum_{h=1}^{\kappa+1} m_{ih}} \left[ \sum_{h=1}^{\kappa+1} (\omega_{ih} - a) \right]^2 \right\}} \end{aligned} \quad (10)$$

где  $a$  – произвольное число, близкое к  $\omega_{cp}$ , определённое по формуле (7).

Объединяя формулы (3), (6)-(10), можно получить следующее выражения для вероятности  $P(E')$

$$\begin{aligned} P(E') &= 4 \left\{ \frac{\sum_{h=1}^{\kappa+1} m_{ih}(\omega_{ih} - a)}{\sum_{h=1}^{\kappa+1} m_{ih}} + \right. \\ &\left. + \sqrt{\frac{1}{\kappa(\kappa+1)} \left\{ \sum_{h=1}^{\kappa+1} m_{ih}(\omega_{ih} - a)^2 - \frac{1}{\sum_{h=1}^{\kappa+1} m_{ih}} \left[ \sum_{h=1}^{\kappa+1} (\omega_{ih} - a) \right]^2 \right\}} + a \right\} \times \end{aligned} \quad (11)$$

$$\times \int_0^{t_p} \frac{(t_p - \kappa) \Gamma\left(\frac{\kappa+1}{2}\right) \sqrt{\frac{1}{\kappa(\kappa+1)} \left\{ \sum_{h=1}^{\kappa+1} m_{ih} (\omega_{ih} - a)^2 - \frac{1}{\sum_{h=1}^{\kappa+1} m_{ih}} \left[ \sum_{h=1}^{\kappa+1} (\omega_{ih} - a) \right]^2 \right\}}}{\kappa \sqrt{\pi \kappa \Gamma\left(\frac{\kappa}{2}\right)}}$$

Учитывая, что параметры  $\kappa$ ,  $m_{ih}$ ,  $\omega_{ih}$  и  $a$  не зависят от  $t_p$ , и, приняв при этом  $a = \omega_{cp}$ , выражение (11) с учётом (7) записывается таким образом

$$P(E') = \frac{4\kappa^2 t_p \left(\frac{t_p - \kappa}{2}\right) \Gamma\left(\frac{\kappa+1}{2}\right)}{\sqrt{\pi(\kappa+1) \Gamma\left(\frac{\kappa}{2}\right)}} \times$$

$$\times \sqrt{\frac{\left( \sum_{h=1}^{\kappa+1} m_{ih} \right)^2 \sum_{h=1}^{\kappa+1} m_{ih} \left( \omega_{ih} - \frac{\sum_{h=1}^{\kappa+1} m_{ih}}{\kappa+1} \right)^2 - \left[ \sum_{h=1}^{\kappa+1} \left( \omega_{ih} - \frac{\sum_{h=1}^{\kappa+1} m_{ih}}{\kappa+1} \right) \right]^2}{\sum_{h=1}^{\kappa+1} m_{ih}}} \times$$

$$\times \left( \frac{\sum_{h=1}^{\kappa+1} m_{ih} \left( \omega_{ih} - \frac{\sum_{h=1}^{\kappa+1} m_{ih}}{\kappa+1} \right)}{\sum_{h=1}^{\kappa+1} m_{ih}} \right) +$$

$$+ \sqrt{\frac{\left( \sum_{h=1}^{\kappa+1} m_{ih} \right)^2 \sum_{h=1}^{\kappa+1} m_{ih} \left( \omega_{ih} - \frac{\sum_{h=1}^{\kappa+1} m_{ih}}{\kappa+1} \right)^2 - \left[ \sum_{h=1}^{\kappa+1} \left( \omega_{ih} - \frac{\sum_{h=1}^{\kappa+1} m_{ih}}{\kappa+1} \right) \right]^2}{\kappa(\kappa+1) \sum_{h=1}^{\kappa+1} m_{ih}}} + \frac{\sum_{h=1}^{\kappa+1} m_{ih}}{\kappa+1}.$$

При этом предпочтительным является косвенное нахождение вероятности  $P(E')$  на основании табличных значений функции  $S(t_p, \kappa)$ , умножаемых на значения  $P_{\omega_{\min} \leq \omega \leq \omega_{\max}} (\Pi \in LL_i^e)$  по формуле (3), предварительно вычислив  $\omega_{cp}$  и  $s_{cp}$  по формулам (7), (10).

**Обобщённая оценка достоверности при произвольном числе циклов испытаний.** Для распространения результатов испытаний на всю систему достаточно, чтобы хотя бы один опытный образец элемента нижнего уровня принадлежал классу эквивалентности  $LL_i^e$ . События, которые состоят в одновременном подключении к стенду

нескольких представителей, являются независимыми, а выбор хотя бы одного элемента  $\Pi \in LL_i^e$  является объединением этих событий. Тогда общая вероятность  $P(E_{общ})$  корректного распространения результатов испытаний составляет [6]

$$P(E_{общ}) = P\left(\bigcup_{k=1}^n E_k\right) = \sum_{k=1}^n P(E_k) - \sum_{1 \leq i < j \leq n} P(E_i \cap E_j) + \sum_{1 \leq i < j < k \leq n} P(E_i \cap E_j \cap E_k) - \dots + (-1)^{n+1} P(E_1 \cap E_2 \cap E_3 \cap \dots \cap E_n), \quad (13)$$

где  $n$  – количество циклов испытаний и систем представителей;  $E_1, E_2, \dots, E_n$  – события, заключающиеся в выборе системы представителей без брака.

Согласно свойствам независимых событий и предыдущих положений относительно произвольного выбора элементов нижнего уровня [6]

$$P(E_1) = P(E_2) = P(E_3) = \dots = P(E_n) = P(E), \quad (14)$$

откуда следует следующий вид формулы (13) для этого случая

$$P(E_{общ}) = C_n^1 P^1(E) - C_n^2 P^2(E) + C_n^3 P^3(E) - \dots + (-1)^{n+1} C_n^n P^n = \sum_{k=1}^n (-1)^{k+1} C_n^k P^k(E). \quad (15)$$

При выведении формулы (15) учтено правило нахождения вероятности пересечения независимых событий [6]

$$P\left(\bigcap_{k=1}^n E_k\right) = \prod_{k=1}^n P(E_k).$$

Кроме вероятностей  $P(E_{общ}) = P_i(E_{общ}) = P(E_{общ}^i)$  для отдельных  $i$ -х групп важное значение имеет также вероятность  $P(D_{общ})$ , заключающаяся в отсутствии брака во всей выбранной системе представителей. События, которые состоят в выборе представителей из разных групп  $i$ , независимы, потому

$$D_{общ} = \bigcap_{i=1}^m E_{общ}^i \rightarrow P(D_{общ}) = \prod_{i=1}^m P_i(E_{общ}^i),$$

где  $m$  – количество групп элементов. Таким образом, вероятность  $P(D_{общ})$  в общем случае зависит от каждого значения  $P_i(E_{общ}^i)$ , количества групп  $m$  и циклов испытаний  $n$  и, согласно формуле (15), определяется следующим образом [6]

$$P(D_{общ}) = \prod_{i=1}^m \sum_{k=1}^n (-1)^{k+1} C_n^k P_i^k(E) = \sum_{k=1}^n \left[ (-1)^{k+1} C_n^k \prod_{i=1}^m P_i^k(E) \right] = \sum_{k=1}^n \left[ (-1)^{k+1} C_n^k P^k(D) \right], \quad (16)$$

где  $D$  – отсутствие бракованных элементов в одном цикле испытаний.

При сравнении последних выражений в формулах (15) и (16) наблюдается их изоморфизм относительно операций над переменными  $P(X)$ , где  $X = E \vee D$ . При этом из равенства (14) следует также равенство  $P(D) = P(D_1) = P(D_2) = P(D_3) = \dots = P(D_n) = \sum_{k=1}^n \prod_{i=1}^m P_i(E_k)$ , где  $D_1, D_2, \dots, D_n$  – события, состоящие в выборе соответствующих не бракованных систем представите-

лей для разных циклов испытаний;  $P_i(E_k)$  – вероятность выбора не бракованного элемента из  $i$ -й группы на  $k$ -м цикле испытаний.

Тогда характер зависимости  $P(X_{обш})$  от  $n$  и  $P(X) = P_i(X)$  является общим для  $X = E$  и  $X = D$ , т.е. одинаков как для отдельных элементов, так и систем представителей (рис.1).

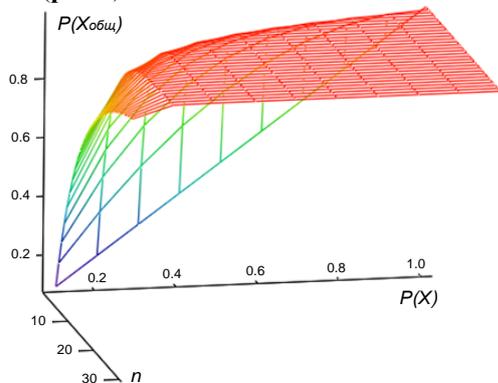


Рис. 1. Поверхностный график зависимости  $P(X_{обш})$  от значений  $P(X)$  и  $n(a)$

Приведённый график определяет значения параметров  $P(E_{обш})$  и  $P(D_{обш})$  вне зависимости от способа получения исходных параметров  $P(E)$  или  $P(D)$ , а также характера (закона) распределения случайной величины  $\omega$ . Из рис.1 видно, что даже при незначительных вероятностях  $P(X)$ , но при достаточном количестве испытательных циклов, результирующая вероятность  $P(X_{обш})$  достигает больших значений (более 90%). Из этого можно сделать вывод об универсальности предложенных в работах [3-5] МКИ для различных систем МПЦ. При этом следует иметь в виду, что количество элементов нижнего уровня в составе стенда пропорциональна количеству циклов испытаний, причём, учитывая ограниченность выборки элементов, это справедливо как для МКИ, так и для традиционных стендовых испытаний (ТСИ), описанных в работах [1, 2]:

$$N_k(n_k) = \kappa_k n_k, N_c(n_c) = \kappa_c n_c,$$

где  $N_k, N_c$  – количества элементов соответственно при МКИ и ТСИ;  $n_k, n_c$  – количества циклов МКИ и ТСИ для достаточной  $P(X_{обш})$ ;  $\kappa_k, \kappa_c$  – коэффициенты, учитывающие особенности испытаний по МКИ и ТСИ.

Тогда целесообразность МКИ вместо ТСИ с позиции экономии аппаратуры, подключаемой к стенду, при сохранении общего тестового покрытия, определяется на основании следующего показателя

$$\delta_{ny}(n_k, n_c, \kappa_k, \kappa_c) = \frac{N_c(n_c) - N_k(n_k)}{N_k(n_k)} = \frac{\kappa_c n_c}{\kappa_k n_k} - 1 \geq \delta_{ny}^{min}, \quad (17)$$

где  $\delta_{ny}^{min}$  – минимальное значение  $\delta_{ny}$ , при котором целесообразны МКИ.

Изменение величины  $\delta_{ny}$  в зависимости от параметров  $N_k, N_c$  имеет, согласно формуле (17), линейно-гиперболический характер (рис. 2).

Выбор значения опорного параметра  $\delta_{ny}^{min}$  зависит

от целей, условий, программы и методики испытаний, а также значений различных параметров оптимизации процесса испытаний. Разработка методов его определения требует отдельного исследования.

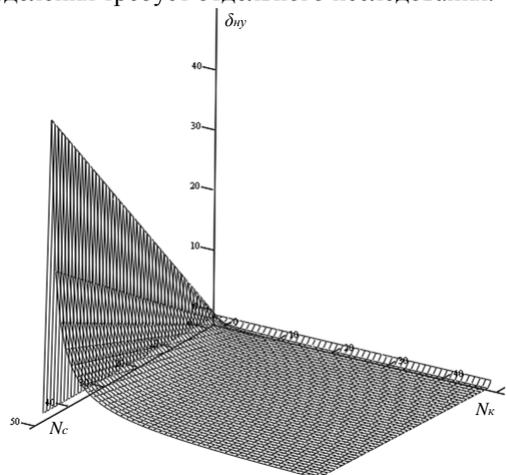


Рис. 2. Поверхностный график зависимости  $\delta_{ny}(N_k, N_c)$

**Практическое применение оценки достоверности результатов испытаний.** Рассмотрим частный случай оценки достоверности результатов МКИ на примере микропроцессорной централизации МПЦ-С производства ООО «НПП «САТЭП» (Украина) [9]. Для этой системы, которая на конец 2013 года эксплуатируется на четырёх железнодорожных станциях, результаты сбора данных о количестве брака среди микропроцессорных контроллеров (МПК) нижнего уровня различных типов (стрелок – МКСТ, светофоров – МКСВ, рельсовых датчиков – МКРД, модулей ввода – МК-ІN32.01, модулей вывода – МК-OUT16.01), выявленного в период опытной эксплуатации, приведены в табл. 1 [10].

Результаты подсчёта весовых коэффициентов  $m_{ih}$ , определённые путём экспертных оценок по пятибалльной шкале, излагаются следующей матрицей, составленной согласно табл. 1 [10]

$$\|m_{ih}\| = \begin{vmatrix} m_{11} = 3 & m_{12} = 1 & m_{13} = 4 & m_{14} = 2 \\ m_{21} = 2 & m_{22} = 1 & m_{23} = 3 & m_{24} = 1 \\ m_{31} = 4 & m_{32} = 2 & m_{33} = 4 & m_{34} = 2 \end{vmatrix}.$$

Для расчёта вероятности  $P(E')$  достоверности МКИ системы МПЦ-С, последовательно применяются формулы (7), (8), (10) и (3). При этом значения функции  $S(t_p, \kappa)$  определены из табл. 2 [6].

Расчитанные в соответствии с формулами (3), (7), (8), (10) и табл. 1, 2 показатели достоверности МКИ приведены в табл. 3.

Полученные значения  $P(E)$  и  $P(D)$  недостаточны для распространения результатов на систему МПЦ-С, в связи с чем необходимы дополнительные циклы испытаний. Для определения их количества составлены графики зависимостей  $P_i(E_{обш})$  и  $P(D_{обш})$  от количества циклов  $n$  (рис. 3).

Таблица 1

Данные о браке МПК, выявленные при опытной эксплуатации МПЦ-С

№ i группы	Тип (группа) МПК	Количественные характеристики	Номер h и название станции			
			1	2	3	4
			Пост Южный	Полугорки	Передача-Донецк	Транзитная
1	МКСВ	Общее количество	58	23	54	18
		Количество брака	1	1	1	0
		Процент брака	1.72	4,35	1.86	0
2	МКСТ	Общее количество	19	10	31	10
		Количество брака	0	0	1	0
		Процент брака	0	0	3.23	0
3	МКРД	Общее количество	98	50	130	42
		Количество брака	2	1	3	1
		Процент брака	1,04	2.0	2.31	2.38
4	МК-IN32.01	Общее количество	2	2	6	2
		Количество брака	0	0	0	0
		Процент брака	0	0	0	0
5	МК-OUT16.01	Общее количество	2	2	6	2
		Количество брака	0	0	0	0
		Процент брака	0	0	0	0

Таблица 2

Табулированные значения функции S(tp,κ)

t <sub>p</sub>	Значения S(t <sub>p</sub> ,κ) при значениях κ					
	1	2	3	4	7	11
3.0	0.795	0.905	0.942	0.960	0.988	0.99730
5.0	0.874	0.962	0.985	0.992	0.999	0.99999

Таблица 3

Результаты расчёта показателей достоверности МКИ для МПЦ-С

Тип МПК	Параметры, характеризующие испытания								
	ω <sub>ср</sub> , %	σ <sub>ср</sub> , %	t <sub>p</sub>	ω <sub>max</sub> , %	ω <sub>min</sub> , %	S(t <sub>p</sub> ,κ)	P(E')	P%(E'), %	P%(D), %
МКСВ	1.695	1.257	3	10.931	-4.151	0.942	0.839	83.903	61.575
МКСТ	1.384	1.183	3	9.866	-4.329	0.942	0.849	84.906	
МКРД	2.180	0.789	5	12.249	-3.529	0.985	0.864	86.435	

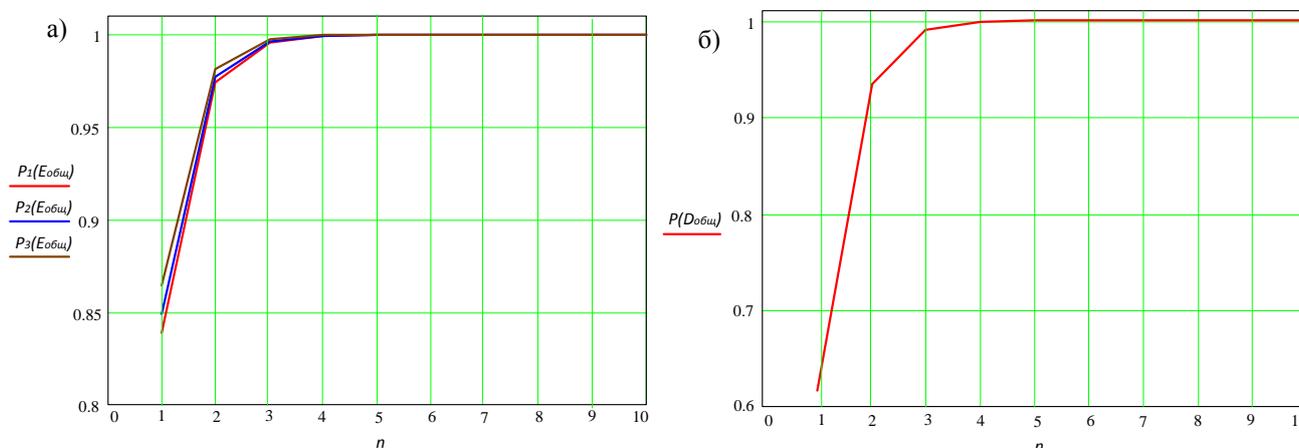


Рис. 3. Графики зависимостей P<sub>1</sub>(E<sub>общ</sub>) (а) и P(D<sub>общ</sub>) (б) от n

Задавшись приемлемыми условиями  $P_i(E_{общ}) \geq 0.98$  и  $P(D_{общ}) \geq 0.95$ , из графиков на рис.3 можно определить, что при имеющейся статистике эксплуатации для корректности применения МКИ системы МПЦ-С достаточно проведение трёх циклов испытаний.

**Заключение.** Предложенный подход позволяет определить допустимость и целесообразность применения методов комбинированных испытаний системы МПЦ определённого типа, а также рассчитать необходимое количество циклов испытаний. При положительных результатах оценки данные методы позволяют существенно сократить количество ресурсов на испытания и повысить их тестовое покрытие.

**Список литературы**

1. OST 32.41-95. Безопасность железнодорожной автоматики и телемеханики. Методы доказательства безопасности систем и устройств железнодорожной автоматики и телемеханики. СПб.: ПГУПС, 1995. 27 с.
2. Сапожников В.В., Сапожников Вл.В., Талалаев В.И. и др. Сертификация и доказательство безопасности систем железнодорожной авто-

3. матики. М.: Транспорт, 1997. 288 с.
3. Кустов В.Ф., Каменев А.Ю. Усовершенствование методов испытаний микропроцессорной централизации на безопасность применения // Актуальные вопросы развития систем железнодорожной автоматики и телемеханики / Сб. науч. тр. СПб.: ПГУПС, 2013. С. 103-118.
4. Кустов В.Ф., Каменев А.Ю. Экспериментально-статистические модели распределённых технологических объектов // Metallurgicheskaja i gorno-rudnaja promyshlennost'. 2013. №2. С. 97-101.
5. Комбинированный испытательный комплекс микропроцессорной централизации стрелок и сигналов : пат. 77047 Украина : G05B 23/00 / А.Ю. Каменев, В.Ф. Кустов. №201208749; заявл. 16.07.2012; опубл. 25.01.2013, Бюл. №2. 6 с.
6. Сигорский В.П. Математический аппарат инженера. К.: Техника, 1977. 768 с.
7. Сидняев Н.И., Вилисова Н.Т. Введение в теорию планирования эксперимента. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011. 463 с.
8. Павлов Л.Н., Орехов А.В. Российские микропроцессорные системы на железнодорожном транспорте // Наука и транспорт. 2007. Специальный выпуск. С. 40-45.
9. ООО «НПП «САТЭП». Системы и устройства. URL: <http://www.satep.com.ua>. Дата обращения: 20.03.2014.
10. Исследование функциональной безопасности и электромагнитной совместимости микропроцессорной системы электрической централизации стрелок и сигналов станции «Угольная» на этапе имитационных и стендовых испытаний: отчёт по НИР (промеж.) / УкрГАЗТ; руков. А.Б. Бойник, 2012. Номер гос. регистр. 0112U006925; инв. номер 0713U007283.

**Сведения об авторе**

**Каменев Александр Юрьевич** – ассистент кафедры «Автоматика и компьютерное телеуправление движением поездов», Украинская государственная академия железнодорожного транспорта, г. Харьков, Украина. Тел.: +380-952-50-52-59. E-mail: alexstein@meta.ua.

**INFORMATION ABOUT THE PAPER IN ENGLISH**

**RELIABILITY OF COMBINED PROOFS METHODS OF MICROPROCESSOR INTERLOCKING SYSTEM OF RAILWAY STATIONS**

**Kamenev Aleksandr Yur'evich** – Teaching Assistant, Department «Automation and computer remote control train traffic», Ukrainian State Academy of Railway Transport, Kharkiv, Ukrain. Phone: +380-952-50-52-59. E-mail: alexstein@meta.ua.

**Abstract.** The question of authenticity of combined tests methods, based on the synthesis of imitation and physical design of lower level of microprocessor interlocking is considered. Possibility of their correct using is confirmed for the least of the connected apparatus to the stand in the conditions of the limited statistical information about functioning of interlocking systems.

**Keywords:** combined tests, microprocessor interlocking, authenticity, mikrostatistics, maximum likelihood method, Student's distributing, unequalaxact supervisions.

**References**

1. OST 32.41-95. Bezopasnost' zheleznodorozhnoj avtomatiki i telemehaniki. Metody dokazatel'stva bezopasnosti sistem i ustrojstv zheleznodorozhnoj avtomatiki i telemehaniki [Safety of railway automation and teleautomatrics. Methods of proof security of systems and devices of railway automation and teleautomatrics] Saint-Petersburg: PSTU, 1995, 20 p.
2. Sapozhnikov V.V., Sapozhnikov V.I., Talalaev V.I. and other. Serifikacija i dokazatel'stvo bezopasnosti sistem zheleznodorozhnoj avtomatiki [Certification and proof of safety for systems of railway automation]. Moscow: Transportation, 1997. 288 p.
3. Kustov V.F., Kamenev A.Yu. Usovershenstvovanie metodov ispytanij mikroprocessornoj centralizacii na bezopasnost' primenenija [Improvement of methods of testing microprocessor centralization for safe application] // Aktual'nye voprosy razvitija sistem zheleznodorozhnoj avtomatiki i telemehaniki [Actual questions of development of railway automation and teleautomatrics] / Sb. nauch. tr. [Proceeding]. Saint-Petersburg: PSTU, 2013, pp.103-118.
4. Kustov V.F., Kamenev A.Yu. Jeksperimental'no-staticheskie modeli raspredeljonnyh tehnologicheskikh ob#ektov [Experimentally-static model of distrib-

- uted technological facilities] // Metallurgicheskaja i gorno-rudnaja promyshlennost' [Metallurgical and mining industry]. 2013, no.2, pp.97-101.
5. Kombinirovannyj ispytatel'nyj kompleks mikroprocessornoj centralizacii strelok i signalov [Combined test complex microprocessor centralization of switches and signals] : Patent 77047 Ukrain : G05B 23/00 / A.Yu. Kamenev, V.F.Kustov. №201208749; stated 16.07.2012; published 25.01.2013, Bulletin no.2, 6 p.
6. Sigorskiy V.P. Matematicheskij apparat inzhenera [Mathematical apparatus of engineer]. Kiev: Technics, 1977, 768 p.
7. Sidnyaev N.I., Vilisova N.T. Vvedenie v teoriju planirovanija jeksperimenta [Introduction to the theory of experiment planning]. Moscow: Publishing House BMSTU, 2011, 463 p.
8. Pavlov L.N., Orekhov A.V. Rossijskie mikroprocessornye sistemy na zheleznodorozhnom transporte [Russian microprocessor systems in railway transport] // Nauka i transport [Science and Transportation]. 2007, Special issue, pp.40-45.
9. ООО «НПП «САТЭП». Sistemy i ustrojstva [OJSC ООО «SPE «SATEP». Systems and Devices]. [Online]. Available: <http://www.satep.com.ua> [2014, March 20].
10. Issledovanie funkcional'noj bezopasnosti i jelektromagnitnoj sovmestimosti mikroprocessornoj sistemy jelektricheskij centralizacii strelok i signalov stanicii «Ugol'naja» na jetape imitacionnyh i stendovyh ispytanij [Research of functional safety and electromagnetic compatibility microprocessor system electric interlocking switches and signals the station «Ugol'naya» at the stage of simulation and bench test]: otchjot po NIR (promezh.) [Report on R&D (intermediate)] / UkrGAZt; ruков. А.Б. Бойник [Ukrainian State Academy of Railway Transport; Project manager А.В. Bojnik], 2012, state registration number 0112U006925, inventory number 0713U007283.

УДК 614.8-02

Якупов А.М.

## О ПРИРОДЕ ОПАСНОСТИ И БЕЗОПАСНОСТИ, ФОРМАХ ИХ ПРОЯВЛЕНИЯ И «ЗОНАХ ЖИВУЧЕСТИ» СИСТЕМ

**Аннотация.** По результатам выявленной взаимосвязи понятий *система*, *энергия* и *опасность* с опорой на содержание и принципы системного и энергоинформационного подходов, раскрывается природа опасности и безопасности как единство противоположных способов существования систем, не зависимо от природы их происхождения, выраженных их состоянием. В отличие от множества широко существующих в научной и практической деятельности определений понятий «опасность» и «безопасность», приведены новые, соответствующие рассмотренным в работе разным состояниям систем. Эти понятия отнесены к философским категориям: *опасность* – способ существования системы, стремящийся к высвобождению своей внутренней энергии, вещества и информации через собственное разрушение, а *безопасность*, в противовес опасности, обеспечивает её собственное равновесное состояние как внутри себя в целом и в своих структурных составляющих, так и во взаимодействии самой системы и её структур с их окружением. При этом принято, что «способ существования системы» – это порядок устройства системы, выражающий закономерно сложившийся уклад её существования во времени и пространстве.

Показаны формы проявления опасности и безопасности в зависимости от этих состояний: *опасность потенциальная* (пассивная), реально не действующая, а *безопасность реализованная* (активная) – действующая, т.е. реальная; *опасность реальная* (угроза к проявлению действия), но временно не действующая – *безопасность реальная*, (ещё реальная), но только временно действующая, дающая возможность уйти от опасности, избежать разрушения, гибели; *опасность реализованная* (активная), непосредственно воздействующая на окружающую среду в виде потоков вещества, энергии и информации, и приносящая ей и её обитателям ощутимый ущерб, разрушение или гибель, а *безопасность потенциальная* (пассивная) – реально не действующая, условно предполагаемая. Приведены соответствующие им «зоны живучести» систем, такие, как: безопасности, угрозы разрушения, авитальности (гибели), возникающие в зависимости от состояния системы, последовательности и степеней её разрушения, вызываемые равновесным отношением её способов существования.

Выявлено основное диалектическое противоречие между человеком и создаваемой им средой: «Среда, обладающая любым видом энергии или их совокупностью, порождает опасность, а опасность должна снижать уровень энергетического потенциала создаваемой человеком среды».

**Ключевые слова:** система, энергия, опасность, безопасность, формы проявления опасности и безопасности, авитальность, зона живучести системы.

Выявление природы *опасности* и *безопасности*, раскрытие содержаний этих понятий и определение форм их проявления строилось на основе поиска взаимосвязи триады понятий по схеме *система* → *энергия* → *опасность* с опорой на содержание и принципы системного и энергоинформационного подходов.

Понятия *система* и *энергия* широко используются в самых разных сферах научной и практической деятельности [1]. Они теснейшим образом связаны между собой, но, тем не менее, они не тождественные.

*Система* представляет собой некое целостное материальное или виртуальное образование, состоящее из взаимозависимых элементов (компонентов, подсистем, «единиц» и т.п.), которое имеет собственную и присущую только ему структуру, определяющую его основную функцию (свойство, качество и т.д.). Структура обуславливает существование и зависимость этих элементов друг от друга, отражает характер их взаимодействий. «Система, – как отмечает Русак О.Н., – это совокупность необходимого и достаточного числа функционально взаимосвязанных элементов, которые необходимо учитывать при решении любых задач» [7, стр.5]. К элементам системам он относит: «... как материальные тела, так и потоки энергии, всевозможные связи, свойства, значения, качества, отношения, информацию» [7]. Далее учёный указывает, что система обладает качествами, которых нет у образующих её элементов (это свойство системы, называемое эмерджентностью, т.е. новым качеством (свойством, функцией и т.д.), возникающее в результате взаимодействия элементов). Элементы вместе составляют одно целое, где они взаимно дополняют друг

друга, где один, находясь в системе, не может функционировать без другого, не нарушив это единство [7]. Целое, в соответствии с системными принципами, понимается не как простая сумма, а как функциональная совокупность, обладающая целостностью и несводимостью к составляющим её элементам [9]. «В научном охвате природы, – отмечал Вернадский В.И., – отталкиваются от причинной связи всех явлений и сводят явления к единому» [3, стр.284].

*Энергия*, как известно, – это способность совершать работу и/или теплоту. Эткинс П. поясняет: «Оба термина – теплота и работа – характеризуют способы передачи энергии. ... Сообщить какому-то телу количество теплоты, т.е. *нагреть* его, означает передать ему энергию строго определённым образом (используя разность температур между более и менее нагретыми телами). *Охладить* объект – это значит произвести действие, обратное нагреванию ... *теплота* – это отнюдь не одна из форм энергии, а название одного из способов передачи энергии. ... Работа – это то, что мы совершаем, когда нам необходимо тем или иным способом изменить энергию объекта, не используя при этом разность температур. ... Подобно теплоте, *работа не является формой энергии – это лишь название другого способа передачи энергии*» [11, стр. 33-34]. Следует подчеркнуть, что других способов передачи энергии при взаимодействии термодинамической системы с её окружением, кроме работы и теплоты, вообще не существует.

Работу, как известно, совершают силы, которые могут возникать или исчезать, тогда как энергия всегда присутствует во всех предметах, явлениях и про-

цессах и может лишь переходить из одного вида в другой (Первое начало термодинамики – «Энергия сохраняется», широко известное как «Закон сохранения энергии»). Из термодинамики известно, что все события в мире происходят таким путём, что запасы энергии переходят к беспорядку, к хаосу, мерой которой является энтропия. Известно и то, что естественный ход процессов в мире соответствует понижению качества энергии. «Отсюда следует, что *высокое качество* энергии должно отражать отсутствие хаоса. Энергия высокого качества – это не рассеянная энергия, а, напротив, строго локализованная (например, сосредоточенная в куске угля или ядре атома). Высоким качеством обладает и энергия, запасённая в упорядоченном движении атомов (например, в потоке воды)» [11, стр.69]. Но энергия обладает не только качеством, но и количеством. А в строго количественном смысле явления перехода от порядка к хаосу, как поясняет Эткинс П., вызываются стремлением системы к разложению [11]. Это утверждение учёного нам очень важно, так в рассматриваемом нами контексте понятия «опасность» ход жизни любой системы заканчивается её разрушением, гибелью, т.е. её авитальностью\*.

Признание наукой ещё в середине XIX века энергии как наиболее общего понятия, позволяет нам рассматривать все явления и процессы с единой точки зрения – энергетической.

Именно понятие *энергия* лежит в основе раскрытия сущности искомым понятиям – *опасность* и *безопасность*.

С точки зрения системного подхода понятия *опасность* и *безопасность* рассматриваются в единстве их противоположностей. **Опасность** означает способ существования системы, выраженный её состоянием, стремящимся к высвобождению своей внутренней энергии, вещества и информации через собственное разрушение. Здесь «способ существования системы» – это порядок устройства системы, выражающий закономерно сложившийся уклад её существования во времени и пространстве. А **безопасность** – это тоже способ существования системы, но, в противовес опасности он обеспечивает её собственное равновесное состояние как внутри себя в целом и в своих структурных составляющих (подсистемах, элементах, «единицах» и т.п. и их структурах), так и во взаимодействии самой системы и её структур, с её окружением» [16, стр.368].

Пытаясь освободиться от содержащейся в ней энергии, вещества и информации, любая система стремится к саморазрушению и, одновременно с этим, она стремится сохранить эту энергию и прочее в себе, пытаясь не допустить их выхода (высвобождения) из себя. И такое двойственное положение этих состояний продолжается до тех пор, пока система находится в относительном равновесии как внутреннем, так и внешнем – во взаимодействии с окружающей средой.

\* Авитальность – 1) безжизненность (в противовес термину *витальность* – жизненность: от *витальный* – жизненный); 2) разрушение, гибель, смерть. Термин впервые введен в работе [16].

В этом и заключается единство противоположных состояний любой системы не зависимо от природы её возникновения, обозначенных нами как *опасность* и *безопасность*. Поэтому эти понятия относятся к философским категориям [14].

В случае нарушения равновесного соотношения в сторону *опасности*, по какой бы то ни было причине: под воздействием внутренних сил, вызванных внутренними какими-либо напряжениями или процессами в системе, либо вызванным внешним воздействием со стороны её окружения, система начинает частично или полностью разрушаться, т.е. стремится к своей авитальности. В момент нарушения её целостности, либо её каких-либо составляющих или их структур (способов связей), незамедлительно возникают разрушительные силы. В этот же момент появляющийся вектор разрушающих сил (вектор неравновесия) будет направлен в сторону от опасности разрушающейся системы в окружающее её пространство, взаимодействуя с окружающей средой и часто разрушая при этом все на своем пути. В таком случае данная система неизбежно станет опасной вопреки воле ее создателя не только для себя, но и для своего окружения. Именно равновесное состояние и является той гарантией безопасности состояний систем, которую в полной мере можно отнести к *мере безопасности* (равновесное состояние системы видимо можно назвать и «способностью безопасности»). Известно, что все сверх меры приводит к нарушению существующего баланса: сил, энергии, вещества, информации, интеллекта и т.п. А это, в свою очередь, приводит к высвобождению последних или к изменению векторов сил действующих в этих системах таким образом, что их результирующий вектор направлен на разрушение, как собственной системы, так и противостоящих ей. Или, другими словами, приводит к порождению опасной ситуации, стремящейся перейти в свою крайнюю конечную фазу: происшествие, аварию, крушение, обвал, катастрофу и т.п. Опасная ситуация может и не перейти в крайнюю фазу своего развития, если этому переходу противостоит энергия противодействия (как правило – это совокупность разновидностей энергий, объединенных в заданную систему), мощности которой хватит для остановки и прекращения данного перехода еще в начальной его стадии. Такова, на наш взгляд, логика возникновения и развития опасности, приостановки ее развития или ликвидации.

Под воздействием возникающих сил разрушения во время нарушения равновесного состояния системы происходит последовательный переход опасности из одной формы её существования в другую: *потенциальная опасность* переходит в *реальную опасность* или, иначе говоря, в *активную опасность*, то есть в действующую опасность в виде угрозы; далее уже из неё в другую – *реализованную опасность*, наносящую вред или ущерб своему окружению [12,13,16]. Формы проявления опасности и безопасности системы в зависимости от её состояния приведены в **таблице** [15].

Характер проявления *опасности* и *безопасности*, как противоположных способов существования систем, проявляется, как видно из **таблицы**, одновременно в одной из своих трёх форм.

**Таблица**  
**Формы проявления опасности и безопасности системы**  
**в зависимости от её состояния**

Состояние системы	Формы проявления	
	опасности	безопасности
Относительное равновесное (равновесие системы, равновесие во всех её подсистемах и элементах)	Опасность потенциальная (пассивная), существующая, но реально не действующая	Безопасность реализованная (активная) действующая, т.е. реальная
Начало потери равновесного состояния системы или начало нарушения равновесия какого-либо из её структурных составляющих	Опасность реальная (угроза), но временно не действующая, т.е. она, проявилась в виде угрозы начала своего действия	Безопасность реальная, (ещё реальная), но только временно действующая, т.е. ещё есть возможность уйти от опасности, избежать разрушения системы
Автальность системы (разрушение, гибель) или автальность её какой-либо структурной составляющей	Опасность реализованная (действующая, активная)	Безопасность потенциальная (не действующая, т.е. не реальная, а условно предполагаемая или пассивная)

Характер проявления опасности и безопасности определяется состоянием системы, зависящим от:

- соотношений характера связей во всей структуре системы. При этом подразумеваются все без какого-либо исключения связи в системе: и связи в целом между подсистемами, и связи в структурах её составляющих – в подсистемах, компонентах и т.д.;
- состояний внутренних напряжений между всеми составляющими её элементами (элементами, компонентами, «единицами», подсистемами и т.п.), то есть от напряженности системы в целом и на всех её иерархических уровнях, находящихся в зависимости от количественно-качественного содержания веществ, энергии и информации, элементов (компонентов, подсистем и т.п.), входящих в неё и образующих саму систему (во всех её составляющих без какого-либо исключения);
- состояний, как внутреннего относительного равновесия системы в целом, так и внешнего с её окружением, а также и равновесных состояний её составляющих, то есть от характера взаимодействия последних как внутри себя, так и их взаимодействия с окружающей средой.

Характеристики содержаний опасности системы, в каждой из её существующих форм, заключены в следующем [15]:

- опасность потенциальная (пассивная), реально не действующая. Она характеризуется внутренней напряженностью структур системы на всех ее иерархических уровнях и количеством накопленной внут-

ренней энергии как всей системой в целом, так и каждой ее структурной составляющей.

Потенциальная (пассивная) опасность есть неотъемлемый атрибут всех существующих систем, как в реальной действительности, так и в виртуальном мире. Уровень потенциальной опасности системы всецело зависит от уровней её энергоёмкости и энерговооружённости.

Именно количество энергии в системе и определяет уровень её потенциальной опасности. При этом информация с позиции энергоинформационного подхода здесь рассматривается как специфический вид накопленной и исходящей волны в виде различных специфических энергетических потоков и/или сигналов. А вещество, как представляется в данном случае, – это застывшая или «законсервированная» энергия;

- **опасность реальная** (угроза), **но временно не действующая** – это следующая форма проявления опасности (после её перехода из пассивного состояния). Она проявляется началом исхода энергетического, информационного и/или вещественного потоков, возникших в результате снятия внутреннего напряжения во всей системе и высвобождения ее внутренней энергии, или хотя бы в одной из её структурных составляющих, независимо от места расположения последней в иерархии системы. Этот переход выражается организацией и движением в окружающую среду потоков каких-либо долей энергий, веществ и информации, содержащихся в данной системе. Но высвободившаяся энергия «ещё в пути» и она не приносит при этом какого-либо ощутимого ущерба окружающей среде и ее обитателям.

- **Угроза**, как видим, – это вторая форма проявления опасности – реальная, но ещё не действующая опасность. Опасность реально существует, но она ещё не причинила ущерба чему-либо или кому-либо, хотя его наступление вполне вероятно, а порой имеет очень высокую степень вероятности проявления в различных его видах. Как отмечали русские словесники В.И.Даль и С.И.Ожегов, *угроза* – это «возможная опасность, запугивание, обещание причинить кому-нибудь неприятность, зло; опасность, возможность возникновения чего-нибудь неприятного» [2], а «угрожать – это страшать, наводить опасность либо опасенье, держать кого-либо под страхом» [4, стр. 775] или «предвещать что-нибудь плохое, опасное, неприятное». Уровень угрозы, или реальной опасности, напрямую зависит от уровня (степени) энерговооружённости системы;

- **опасность реализованная** (действующая, активная) – это активная опасность в виде потоков вещества, энергии и информации, непосредственно воздействующая на окружающую среду и приносящая ей и ее обитателям ощутимый ущерб, разрушение или гибель. И этот ущерб (вред и т.п.) полностью зависит от уровня энергоёмкости системы.

*Ущерб* – это третья форма проявления опасности – опасность реализованная, или активно действующая, и её проявлением (свершением, результатом и т.п.) выступают различные по виду разрушения, гибель и т.п. Ущерб проявляется в качестве убытка и/или урона кому – чему-либо, потерей и/или упадком чего – кого-либо [2, 4].

Понятие «*вред*» мы рассматриваем как ущерб или порчу (по С.И. Ожегову), или как последствия всякого повреждения, порчи, убытка, вещественного или нравственного, всякого нарушения прав личности или собственности и т.п. (по В.И. Далю) [2,4].

Время перехода опасности из одной её формы в другую может измеряться мгновением, а может длиться и тысячелетием.

Увязывая понятие *опасность системы* с понятием *полная энергия системы*, мы видим, что все системы, не зависимо от природы своего происхождения, опасны и безопасны одновременно. Это относится и к любым процессам, которые представляют собой не что иное как специфические системы. Например, транспортные процессы – специфические «технологические» системы, обладающие определённым уровнем «запаса» собственной полной энергии (энергия движения плюс внутренняя энергия веществ и грузов). Или такие системы-процессы как «пожар» или «взрыв» – высокоэнергетические системы. Без «опасности» нет и «безопасности», и наоборот. Они существуют одновременно вместе, и друг без друга существовать не могут. Подобно противоположным полюсам магнита: они взаимно исключают друг друга (находятся в противоречии), но, одновременно с этим, и не могут существовать отдельно друг без друга (находятся в единстве).

*Энергоёмкость системы* – это суммарная энергия всех содержащихся в системе видов энергий на момент её рассмотрения, находящихся на всех её структурных уровнях без какого-либо исключения. То есть – это сумма как всей (суммарной) внутренней энергии системы, так и приобретённой ею, т.е. актуализированной на данный момент. В свою очередь *внутренняя энергия системы* – это суммарная энергия, которой обладают каждый её элемент (внутренняя энергия всех без исключения образований системы, вплоть до атомной и ядерной внутренней энергии вещества или энергии полей), и энергия, возникшая в результате образования всех без исключения структурных связей системы на всех её уровнях [17-19]. Здесь, в определённой степени, и будет уместным выражение, что вещество представляет собой «застывшую» энергию.

*Приобретённая энергия системы* или, иначе говоря, актуализированная энергия системы, – это суммарная энергия, которая поступила в систему извне в результате её взаимодействия с окружением, либо приобретена в результате преобразования какого-либо вида внутренней энергии во внешнюю. Например, результат нагревания физического предмета отдельно взятым источником теплоты, или приобретённая телом кинетическая энергия движения и т.д.

Энергоёмкость системы характеризует и выражает собой *уровень потенциальной (пассивной) опасности*. Поэтому эти понятия – *приобретённая*

*энергия системы* и *энергоёмкость системы* – можно с относительной степенью точности приравнять к одноуровневым понятиям, которые определённым образом соотносятся между собой. В обыденном (в простонародном) понимании мы условно называем это явление как «вредность системы», т.к. она «затаила» в себе «свою вредность».

*Энерговооруженность системы* представляет собой внутреннюю способность и реальную возможность системы, в случае нарушения её относительно равновесного состояния, выделить энергию, накопленную в процессе своего развития, изменения и движения (отдачи, перехода и т.п.) в своё окружение [14, 18]. Эту её особенность мы рассматриваем так же, как одну из форм существования системы, то есть как *опасность реальную* (угрозу), но временно не действующую для других. Энергия выделяется, но ещё не успела нанести какой-либо урон (ущерб) окружению от разрушающейся системы или её какой-либо составляющей, хотя сама уже разрушается. Для неё самой – это начало её авитальности, это её собственное начало реализации своей опасности. Но для других в её окружении *опасность* ещё «в пути», она реально существует и уже «движется» в стороны от породившей её системы в её же окружение. Такое положение дел мы определяем понятием *угроза опасности* как для себя самой, так и для её окружения. Значение выражения «*угроза опасности*» здесь приравнивается к выражению «*вредоносность системы*», то есть «система угрожает». Иначе говоря, она (опасность) уже несёт свою «вредность» и себе, и другим.

Содержание третьей формы проявления опасности – *опасность реализованная (действующая, активная)*, приравнивается к таким понятиям как «*вред*» или «*ущерб*». Именно они проявляются как у разрушающейся системы, так и у «соседей» как результат воздействия на них вырвавшихся у погибающей системы энергетического, и/или вещественного и/или информационного потоков. В этом случае «соседи» и она сама получают полное или частичное разрушения или гибель, т.е. получают «вред» или «ущерб».

Характер изменения сопротивляемости системы и её «живучести» с «точками» перехода смен форм опасности (её опасных «зон») приведён на **рис.1**. Следует заметить, что вид кривых, показывающих этот характер, принят в качестве нашей гипотезы, построенной на собственных догадках по сути рассматриваемой здесь проблемы, ещё в 2006 году [16]. А вид кривых, которые, безусловно, принадлежат не только каждой, но и только одной какой-либо системе (единственной в своём роде), – это индивидуальный вид и присущий только ей самой, определён нами в виде некой логарифмической функции, исходя из известного уравнения Людвиг Больцмана  $S = k \log W$ , где  $S$  – энтропия системы,  $k$  – постоянная Больцмана, а  $W$  – мера неупорядоченности системы. При этом мы учитывали принцип «симметрии и асимметрии» в Природе. На этом рисунке показаны две почти симметричные кривые относительно оси некоего «идеального равновесия системы». С их помощью можно определять степень опасности и безопасности какой-либо конкретной системы.



Рис. 1. Схема изменения сопротивляемости системы и её «зон живучести» с точками перехода смены форм опасности (её опасных «зон»)

Импульсом для нашего рассуждения в данном направлении послужил «Закон толерантности» [6, стр.519] Шельфорда В. – *лимитирующим фактором* процветания организма (вида) может быть как минимум, так и максимум экологического воздействия, диапазон между которыми определяет величину выносливости (*толерантности*) организма к этому фактору [6, стр.161]. Графическое изображение этого положения приведено на рис. 2 [10, стр.31].

Как поясняет Реймерс Н.Ф. «Закон толерантности определяет положение, по которому любой избыток вещества или энергии оказывается загрязняющим средой» [6, стр.161]. Так и в нашем случае, любой недостаток или избыток энергии, информации или вещества в системе (как правило, получаемой дополнительно извне) приводит к нарушению её равновесного состояния, что непременно влечёт за собой изменение соотношений между опасностью и безопасностью этой системы и смене форм их проявлений.



Рис. 2. Зависимость результатов действия экологического фактора от его интенсивности (по В.А. Радкевичу, 1977)

Из рис. 1 видно, что самое благоприятное для любых систем с точки зрения их «живучести» (сопротивляемости к их авитальности – разрушению, гибели и т.д.) – это их пребывание в собственной зоне «без-

опасности». Система здесь способна сопротивляться как внутренним своим напряжениям, так действиям на неё внешних воздействий, оставаясь в это же время не разрушаемой, то есть целостной. Это происходит по причине её «способности» поглощать действующие на неё энергетические, информационные или вещественные потоки, рассеивать их в своё окружение. Это видно на правой кривой рисунка (в районе «0»), следуя по ней от «Оси идеального равновесия системы» вправо по оси «Степень нарушения равновесия системы».

То же происходит с системой в случае уменьшения её внутренней энергии, информации или вещества (см. левую кривую на рисунке следуя влево по оси «Степень нарушения равновесия системы»). Здесь система как бы самостоятельно «компенсирует» недостающее, используя свои собственные «внутренние резервы» (собственный запас энергии и пр.) с целью сохранения своей целостности.

В зоне «безопасности» системы *опасность* и *безопасность* находятся в зоне относительного их равновесия, а сама система в состоянии своей безопасной «жизни». В этом случае её *опасность* будет потенциальной (пассивной; существующей, но реально не действующей), а *безопасность* – реализованной (активной, действующей, т.е. реальной). Это показано в таблице.

Но такое «поглощение» или «компенсация» не могут происходить безмерно, всему есть предел. И если потоки или их «недостатки» будут превосходить по своему количеству такую способность, то система вынуждена будет «начинать» своё разрушение. В этом случае наступает частичное разрушение целостности системы, а её формы опасности и безопасности перейдут в следующие (см. таблицу): *опасность* проявится в виде угрозы (опасность реальная, но временно не действующая), а *безопасность* – ещё остаётся реальной, т.е. ещё есть возможность уйти от опасности, избежать разрушения системы. Момент перехода *опасности* и *безопасности* из одной формы в другую часто трудно определить, но ясно одно, что здесь «срабатывает» диалектический закон «перехода количественных изменений в качественные». На графиках условно показаны точки смены форм их проявления как на правой, так и на левой кривых.

В случае дальнейшего воздействия энергетических, вещественных или информационных потоков на систему (или их продолжающегося количественного уменьшения), наступит так называемая «точка невозврата», гибели (авитальности) системы. Это хорошо видно как на правой кривой рисунка, так и на левой. *Опасность* системы в этой точке перейдёт в свою завершающую фазу (форму) и станет реализованной (действующей, активной), а *безопасность* – потенциальной, не действующей, т.е. не реальной, стремящейся к нулю по мере разрушения системы. В этом случае система «освобождается» от своей внутренней энергии, и/или вещества, и/или информации и «выбрасывает» их в своё окружение, часто нанося вред или ущерб своим «соседям». Явление напоминает «цепную реакцию» – от разрушающейся системы наносится энергетический удар соседним системам, которые в свою очередь часто не в состоянии «погло-

титель» (скомпенсировать) действующий на них энергетический поток и начинают разрушаться при этом, высвобождая уже свою внутреннюю энергию в своё окружение. Такая реакция будет продолжаться до полного поглощения выделяющейся энергии окружающими системами погибающих.

После наступления полной авитальности системы (её разрушения, гибели и т.д.) исчезнут и её *опасность* и *безопасность*. Нет системы – нет и её способов существования, т.е. нет каких-либо её состояний, включая и такие как её *опасность* и *безопасность*.

Таким образом мы пришли к выводу, что понятие *опасность* напрямую связано с понятием *энергия* и отражает, прежде всего, её потоки во множестве форм проявления этой энергии, в отдельных её видах или в их совокупности. В свою очередь энергия не может быть вне системы, так как энергия – это её способ осуществлять работу или теплоту. Поэтому мы с уверенностью говорим, что поставленная нами задача исследовать и определить природу опасности, пройдя путь по схеме *система* → *энергия* → *опасность* успешно завершена, а её цель достигнута – природа опасности системы, её зарождение и развитие, условия переходов из одной формы своего существования в последующие определены.

В результате технической революции и научно-технического прогресса, человек и человечество не только изменили среду своего обитания, что она (среда) и её составляющие при определенных условиях стали опасными для самого создателя. При этом под словом «среда» подразумеваются условия, возникшие в результате деятельности человека, так как среда – это, по утверждению Ожегова С.И., есть «совокупность природных или социальных условий, в которых протекает развитие и деятельность человеческого общества. Социально-бытовая обстановка, в которой живёт человек, окружающие условия» [2]. Условия, о которых идёт речь здесь, обусловлены инфраструктурой окружения человека.

Из философии (диалектики) известно, что в момент разрешения любого противоречия возникает новое, решение которого намного сложнее предыдущего. Например, рассмотрим противоречие «среда созданная человеком – опасность». Его разрешение непременно, непрерывно и постоянно происходит при преобразованиях среды обитания с целью повышения её же комфортности. И, одновременно с этим, с целью сохранения человеком своей жизни и здоровья, всегда приводит к возникновению совершенно нового противоречия в этой области. И хотя последнее по сущности своей неизменно соответствует предыдущему (предшествующему, существовавшему – «созданная человеком среда – опасность»), оно отличается от него более высокой степенью (уровнем) своего разрешения. Создание новых систем с высоким уровнем их энерговооруженности и энергоёмкости, более чем это было у ранее существующих, непременно приводит к тому, что новые содержат в себе больший потенциал (степень, уровень и т.д.) собственной опасности, чем было у предшествующих им.

На первый взгляд кажется, что существует какой-то парадокс: чем лучшие условия обитания человек создает сам себе (а это непременно приводит к повы-

шению энерговооруженности людей), тем опаснее становится среда для его же обитания. Но это лишь может показаться, реально же – никакого парадокса нет. С точки зрения законов диалектики – это действие её законов, таких как: «единство и борьба противоположностей», «переход количественных изменений в качественные» и «отрицание отрицания» [9].

При условии относительного равновесия между взаимодействующими сторонами противоречия «созданная человеком среда – опасность», присущего любой рассматриваемой нами рукотворной системе, мы можем утверждать о том, что любая такая система в момент ее рассмотрения относительно безопасна.

Таким образом, можно сделать следующий вывод: созданная человеком *среда*, обладающая любым видом энергии или их совокупностью, **порождает *опасность***, а *опасность* **должна снижать уровень энергетического потенциала** создаваемой человеком *среды*. Это и есть основное диалектическое противоречие, раскрытое нами при изучении природы опасности. Импульсом, приводящим к началу разрешения противоречия, может быть как материальная или энергетическая субстанция, так и интеллектуальная (например, приказ командира на разрушение обороны противника).

Подводя итог сказанному, необходимо отметить следующее. Человеку при создании любых новых систем необходимо не только знать диалектику возникновения, развития и свертывания опасности, но уметь и желать всемерно и постоянно использовать свои знания в обеспечении безопасности путем создания систем защиты, т.е. энергетически, вещественно, информационно или векторно-силовым способом, интеллектуально и т.п. уметь противостоять создаваемой им же опасности. Очевидно, что свои опыт и знания в области безопасности жизнедеятельности человек должен и обязан использовать при проектировании, создании и эксплуатации любых новых систем – будь то предметы быта или производственное оборудование, новые вещества или технологии, в том числе информационные и коммуникационные; конструкции или сооружения, произведения искусства или результаты научных открытий, или результаты других видов творчества. То же, в полной мере, касается и использования природных ресурсов и природной среды, интеллектуальной собственности или информации.

**И все это особенно жизненно важно, когда речь идет о воспитании подрастающего поколения и его подготовки к безопасной жизни и деятельности в современных условиях развития общества и государства.**

#### Список литературы

1. Афанасьев В.Г. Мир живого: системность, эволюция и управление. М.: Политиздат, 1986. 334 с.
2. Большой толковый словарь русского языка / Под ред. Д.Н. Ушакова. М.: ООО «Издательство Астрель», 2004. 1268 с.
3. Вернадский В.И. Биосфера и ноосфера. М.: Айрис-пресс, 2012. 576 с.
4. Даль В.И. Толковый словарь живого великорусского языка: Современное написание. Т 4. М.: ООО «Издательство АСТ», 2003. 1144 с.
5. Клечек И., Якош П. Вселенная и Земля. Прага: Артия, 1986. 319 с.
6. Реймерс Н.Ф. Природопользование. М.: Мысль, 1990. 637 с.
7. Русак О.Н. Основы учения о безопасности человека // Безопасность жизнедеятельности, 2009. №8 (приложение к журналу).
8. Тютина В.С., Урманцев Ю.А. Система. Симметрия. Гармония. М.:

- Мысль, 1988. 315 с.
9. Философский энциклопедический словарь / Гл. редакция Л.Ф. Ильичёв и др. М.: Сов. Энциклопедия, 1983. 840 с.
  10. Хотунцев Ю.Л. Экология и экологическая безопасность. М.: Издательский центр «Академия», 2004. 480 с.
  11. Эткинс П. Порядок и беспорядок в природе. М.: Мир, 1987, 224 с.
  12. Якупов А.М. О содержании некоторых основных понятий (в теории и практике обеспечения безопасности людей) // Основы безопасности жизнедеятельности. 2014. №2. С. 50-55.
  13. Якупов А.М. Опасность и безопасность транспортных процессов // Современные проблемы транспортного комплекса России. 2013. №4. С. 204-212.
  14. Якупов А.М. Понятия «опасность» и «безопасность» как философские категории // Актуальные проблемы формирования культуры безопасности жизнедеятельности населения / Материалы XIII междунар. науч.-практ. конф. по проблемам защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций (14-15 мая 2008 г. Москва). М.: ИПП «Куна», 2008. С.78.
  15. Якупов А.М. Понятия «опасность» и «безопасность», «угроза», «вред» и «ущерб» в научно-образовательной области «Безопасность жизни людей и их деятельности» // Вестник НЦБЖД. 2014. №2. С.71-80.
  16. Якупов А.М. Природа опасности и наука «Безопасность систем и человека» // Жизнь. Безопасность. Экология. 2006. №1-2. 386 с.
  17. Якупов А.М. Природа опасности транспортного процесса и роль человека в обеспечении его безопасности // Вестник НЦБЖД. 2013. №2(16). С.35-43.
  18. Якупов А.М. Среда обитания людей и «поля опасностей» в ней // Вестник НЦБЖД. 2013. №4(18). С. 91-100.
  19. Якупов А.М. Транспортная культура и безопасность жизнедеятельности в транспортной среде // Современные проблемы транспортного комплекса России. 2012. №2. С.286-295.

### Сведения об авторе

**Якупов Александр Мубинович** – канд. пед. наук, доц., ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», Россия. Тел.: +7-3519-23-63-24. E-mail: amj@magnitogorsk.ru.

### INFORMATION ABOUT THE PAPER IN ENGLISH

## ABOUT DANGER AND SAFETY NATURE, FORMS OF THEIR EMERGENCY AND «ZONES OF SYSTEMS SURVIVABILITY»

**Yakupov Alexander Mubinovich** – Ph.D. (Education), Associate Professor, Nosov Magnitogorsk State Technical University, Russia. Phone: +7-3519-23-63-24. E-mail: amj@magnitogorsk.ru.

**Abstract.** According to the revealed results of the relationship of the system concepts, the energy and the danger relying on the content and principles of the systematic and energetic and informational approaches, the article reveals the nature of danger and security as the unity of opposite ways of existing systems, regardless of the nature of their origin, expressed by their condition. Unlike many existing in scientific and practical activities concepts of notions «danger» and «safety» the new ones are given, they are appropriate to the different states of the systems being under consideration. These concepts are referred to the philosophical categories: *Danger* – the way of existence of the system that seeks to release its internal energy, matter and information through its own destruction, and *security*, as opposed to danger, provides its own equilibrium state as a whole within itself and in its structural components, and in the interaction of the system and its structures with their surroundings. In this case, it is assumed that «the mode of existence of the system» – is the order of devices in the system that expresses the naturally established way of its existence in time and space.

Manifestations of danger and safety, depending on these conditions are shown: *danger potential* (passive), not really acting, and *security implemented* (active) – acting, that is real; *real danger* (threat to the manifestation of the action), but is not temporarily acting – *real security*, (more real), but only temporarily acting, making it possible to escape from danger, to avoid destruction, death; *implemented danger* (active), the direct impact on the environment in the form of flows of matter, energy and information, and bringing it and its inhabitants considerable damage, destruction or loss, and *potential safety* (passive) – not really acting, supposed under some conditions.

The «zones of survivability» systems are given accordingly, such as: security, the threat of destruction, death, arising depending on the state of the system, consistency and degrees of its destruction caused by the equilibrium ratio of its modes of existence.

The basic dialectical contradiction between the man and the environment posed by him is revealed: «Environment, possessing any kind of energy or their aggregation gives the danger and the latter should reduce the level of energy potential of environment created by a man».

**Keywords:** system, energy, danger, safety, forms of manifestation of danger and safety, death, zone of system's survivability.

### References

1. Afanas'ev V.G. Mir zhivogo: sistemnost', jevoljucija i upravlenie [The alive world: systematic, evolution & management]. Moscow: Politizdat, 1986, 334p.
2. Bol'shoy tolkovyj slovar' russkogo jazyka [Great Dictionary of the Russian Language]/D.N.Ushakov. Moscow: OOO «Izdatel'stvo Astrel», 2004, 1268p.
3. Vernadskij V.I. Biosfera i noosfera [The biosphere and noosphere]. Moscow: Ajris-press, 2012, 576 p.
4. Daf' V.I. Tolkovyj slovar' zhivogo velikorusskogo jazyka: Sovremennoe napisanie. Tom. 4. [Explanatory Dictionary of Russian language: Contemporary writing: Vol. 4] Moscow: OOO «Izdatel'stvo AST», 2003, 1144p.
5. Klechek J., Jakosh P. Vselennaja i Zemlja [The Universe and the Earth]. Prague: Artija, 1986, 319 p.
6. Rejmers N.F. Prirodopol'zovanie [Nature management]. Moscow: Mysl', 1990, 637 p.
7. Rusak O.N. Osnovy uchenija o bezopasnosti cheloveka [Fundamentals of Human Safety] // Prilozhenie k zhurnal'no «Bezopasnost' zhiznedejatel'nosti» [Supplement to the «Life Safety» magazine], 2009, no.8.
8. Tjuhtina V.S., Urmanceva Ju.A. Sistema. Simmetrija. Garmonija [System. Symmetry. Harmony]. Moscow: Mysl', 1988, 315 p.
9. Filosofskij jenciklopedicheskij slovar' [Philosophical Encyclopedic Dictionary] / L.F. Il'ich'jov and other. Moscow: Sov.Jenciklopedija, 1983, 840p.
10. Hotuncev Ju.L. Jekologija i jekologicheskaja bezopasnost' [Ecology and Environmental Safety] Moscow: Izdatel'skij centr «Akademija», 2004, 480p.
11. Jeltins P. Porjadok i besporjadok v prirode [Order and disorder in nature]. M.: Mir, 1987, 224 p.
12. Jakupov A.M. O sodержanii nekotoryh osnovnyh ponjatij (v teorii i praktike obespechenija bezopasnosti ljudej) [The content of some of the basic concepts (in the theory and practice of human security)] // Osnovy bezopasnosti zhiznedejatel'nosti [Basics of Life Safety]. 2014, no.2, pp.50-55.
13. Jakupov A.M. Opasnost' i bezopasnost' transportnyh processov [Danger and security of transport processes] // Sovremennye problemy transportnogo kompleksa Rossii [Modern Problems of the Russia Transport Complex]. 2013, no.4, pp.204-212.
14. Jakupov A.M. Ponjatija «opasnost'» i «bezopasnost'» kak filosofskie kategorii [The concept of «danger» and «security» as a philosophical category] // Aktual'nye problemy formirovanija kul'tury bezopasnosti zhiznedejatel'nosti naselenija [Actual problems of forming a culture of population safety] / Materialy XIII mezhdunar. nauch.-prakt. konf. po problemam zashhity naselenija i territorij ot chrezvychajnyh situacij [Proceedings]. Moscow: IPP «Kuna», 2008, pp.78.
15. Jakupov A.M. Ponjatija «opasnost'» i «bezopasnost'», «ugroza», «vred» i «ushherb» v nauchno-obrazovatel'noj oblasti «Bezopasnost' zhizni ljudej i ih dejatel'nosti» [The concept of «danger» and «security», «threat», «harm» and «damage» in the field of science and education «Safety of life and their activities»] // Vestnik NCBZhD [of Research Center Safety Life of Children]. 2014, no.2(20), pp.71-80.
16. Jakupov A.M. Priroda opasnosti i nauka «Bezopasnost' sistem i cheloveka» [Nature of danger and Science «Safety of systems and human»] // Zhizn'. Bezopasnost'. Jekologija [Life. Security. Ecology]. 2006, no.1-2. 386p.
17. Jakupov A.M. Priroda opasnosti transportnogo processa i rol' cheloveka v obespechenii ego bezopasnosti [Nature of danger of transport process and the role of humans in ensuring its security] // Vestnik NCBZhD [The Bulletin of Research Center Safety Life of Children]. 2013, no.2(16), pp.35-43.
18. Jakupov A.M. Sreda obitaniya ljudej i «polja opasnostej» v nej [Environment of the people and «field of hazards» in it] // Vestnik NCBZhD [The Bulletin of Research Center Safety Life of Children]. 2013, no.4(18), pp.91-100.
19. Jakupov A.M. Transportnaja kul'tura i bezopasnost' zhiznedejatel'nosti v transportnoj srede [Transportation culture and life safety in the transport environment] // Sovremennye problemy transportnogo kompleksa Rossii [Modern Problems of the Russia Transport Complex]. 2012, no.2, pp.

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

**Антонов Анатолий Николаевич** – старший преподаватель, Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, Россия. Тел.: +7-3519-29-85-16. E-mail: antonov11036m@mail.ru.

**Баскакова Надежда Тимофеевна** – канд. техн. наук, доц., Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, Россия. Тел.: +7-3519-23-04-28. E-mail: baskakovat@bk.ru.

**Бунаков Павел Юрьевич** – д-р техн. наук, проф. кафедры «Информатика», Московский государственный областной социально-гуманитарный институт, г. Коломна, Россия. Тел.: +7-916-679-38-86. E-mail: pavel\_jb@mail.ru.

**Бурмистров Константин Владимирович** – канд. техн. наук, доц., Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, Россия. Тел.: +7-3519-29-85-56. E-mail: burmistrov\_kv@mail.ru.

**Бурмистрова Ирина Сергеевна** – магистрант кафедры «Промышленный транспорт», Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, Россия. Тел.: +7-3519-29-85-16. E-mail: burmistrova\_is@mail.ru.

**Варжина Кристина Михайловна** – магистрант кафедры «Промышленный транспорт», Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, Россия. E-mail: kristino4ka-1801@mail.ru.

**Воронина Ольга Вадимовна** – аспирант, Липецкий государственный технический университет, Россия. Тел.: +7-915-555-00-93. E-mail: lelechka7@bk.ru.

**Кайгородцев Артём Анатольевич** – менеджер, ООО «Торговый дом ММК», г. Магнитогорск, Россия. Тел.: +7-3519-24-44-54. E-mail: kaygorodtsev.aa@tdmmk.ru.

**Каменев Александр Юрьевич** – ассистент кафедры «Автоматика и компьютерное телеуправление движением поездов», Украинская государственная академия железнодорожного транспорта, г. Харьков, Украина. Тел.: +380-952-50-52-59. E-mail: alexstein@meta.ua.

**Корнилов Сергей Николаевич** – д-р техн. наук, доц., зав. кафедрой «Промышленный транспорт», Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, Россия. E-mail: kornilov\_sn@mail.ru.

**Корнилова Марина Михайловна** – магистрант кафедры «Промышленный транспорт», Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, Россия. Тел.: +7-3519-29-85-34. E-mail: kornilov\_sn@mail.ru.

**Кравчук Татьяна Сергеевна** – канд. техн. наук, доц., Национальный исследовательский Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, Россия. Тел.: +7-351-267-95-56. E-mail: bgd-susu@mail.ru.

**Кулагин Дмитрий Александрович** – канд. техн. наук, доц. кафедры «Электроснабжение промышленных предприятий», Запорожский национальный технический университет, г. Запорожье, Украина. Тел.: +38-066-236-52-71. E-mail: nemix123@rambler.ru.

**Обухова Наталья Александровна** – аспирант кафедры «Автомобильный транспорт», Уральский государственный лесотехнический университет, г. Екатеринбург, Россия. E-mail: tasiao@rambler.ru.

**Осинцев Никита Анатольевич** – канд. техн. наук, доц., Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, Россия. Тел.: +7-3519-29-85-16. E-mail: osintsev@magtu.ru.

**Песин Александр Моисеевич** – д-р техн. наук, проф., Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, Россия. Тел.: +7-3519-06-30-56. E-mail: pesin@bk.ru.

**Платов Алексей Александрович** – аспирант, начальник Центра автоматизированной фиксации административных правонарушений в области дорожного движения ГИБДД ГУ МВД России по Самарской области, г. Самара, Россия. Тел.: +7-902-335-96-99. E-mail: platov@bk.ru.

**Попов Алексей Тимофеевич** – канд. техн. наук, доц., Липецкий государственный технический университет, г. Липецк, Россия. Тел.: +7-4742-31-81-71, +7-4742-31-96-63. E-mail: popov@stu.lipetsk.ru.

**Пыталев Иван Алексеевич** – канд. техн. наук, доц., Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, Россия. Тел.: +7-3519-29-85-56. E-mail: vehicle@list.ru.

**Рахмангулов Александр Нельевич** – д-р техн. наук, проф., Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, Россия. Тел.: +7-3519-29-85-16. E-mail: ran@magtu.ru.

**Фокин Сергей Владимирович** – аспирант, Московский государственный областной социально-гуманитарный институт, инженер-программист, ОАО «Научно-исследовательский и конструкторско-технологический институт подвижного состава», г. Коломна, Россия. Тел.: +7-916-983-45-29. E-mail: Sergei-Kolomna@mail.ru.

**Цариков Алексей Алексеевич** – канд. техн. наук, доц. кафедры «Автомобильный транспорт», Уральский государственный лесотехнический университет, г. Екатеринбург, Россия. E-mail: Zarikof@mail.ru.

**Шакшапбаев Арман Николаевич** – аспирант, Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, Россия. Тел.: +7-3519-29-85-56. E-mail: wanderer56@ya.ru.

**Якобсон Зинаида Васильевна** – канд. техн. наук, доц., Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, Россия. Тел.: +7-906-854-11-57. E-mail: yakobson@bk.ru.

**Якупов Александр Мубинович** – канд. пед. наук, доц., Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, Россия. Тел.: +7-3519-23-63-24. E-mail: amj@magnitogorsk.ru.

## УВАЖАЕМЫЕ КОЛЛЕГИ!

Мы приглашаем Вас к участию в нашем журнале в качестве авторов, рекламодателей и читателей. Журнал формируется по разделам, отражающим основные направления исследований в области транспорта:

- **ТРАНСПОРТНАЯ ИНФРАСТРУКТУРА**
- **ЛОГИСТИКА**
- **ТЕХНОЛОГИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ ПЕРЕВОЗОК**
- **ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ ТРАНСПОРТОМ**
- **ТЕХНИКА ТРАНСПОРТА**
- **МЕТОДОЛОГИЯ ТРАНСПОРТНОЙ НАУКИ**

---

## ТРЕБОВАНИЯ К СТАТЬЯМ, ПРИНИМАЕМЫМ К ПУБЛИКАЦИИ С 2015 ГОДА

### 1. ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ СТАТЬИ (на русском и английском языках)

**1.1. Наименование** статьи (не более 15 слов). Должно кратко отражать содержание статьи. Не рекомендуется использовать сокращения и аббревиатуры.

**1.2. Аффiliation.** Указываются: фамилия, имя, отчество авторов (дублируется транслитерацией); ученая степень, звание, должность; официальное полное название организации и английский вариант названия; номер телефона и адрес электронной почты хотя бы одного из авторов. Английское написание фамилии, имени и отчества автора приводятся такие, как в имеющихся у автора англоязычных публикациях, внесенных в зарубежные библиографические базы данных, или в соответствии с имеющимся загранпаспортом.

**1.3. Аннотация** (100-250 слов). Включает: предмет, тему, цель, гипотезу исследования; методы; эксперименты; основные результаты, область их применения; практическое значение (излагается в прошедшем времени); выводы.

**1.4. Ключевые слова:** от 5 до 15 основных терминов.

**Запрещается использовать машинный перевод без профессионального редактирования!**

### 2. РЕКОМЕНДУЕМАЯ СТРУКТУРА ОСНОВНОЙ ЧАСТИ СТАТЬИ

**2.1. Введение** (постановка проблемы).

**2.2. Теория, данные и методы исследования, модели, технические и технологические разработки, эксперименты.**

**2.3. Результаты исследования и их обсуждение.**

**2.4. Заключение** (выводы).

**2.5. Список литературы на русском и английском языках.**

### 3. ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ СТАТЬИ

**3.1.** Электронная версия статьи создается средствами **Microsoft Word** в формате \*.rtf, при настройках полей страницы формата А4 – по умолчанию.

**3.2.** Рекомендуемый **объем** статьи – до 15 страниц, при размере шрифта 14 пт., одинарном межстрочном интервале и автоматическом переносе слов.

**3.3.** Для вставки **формул** используется встроенный редактор формул **Microsoft Equation** с установками по умолчанию. Применяется только сквозная нумерация формул. Формулы должны иметь возможность редактирования.

**3.4. Рисунки и фотографии** максимального размера 150×235 мм, вставляемые в статью, выполняются в формате, позволяющем производить их редактирование и изменение размеров без дополнительного обращения к авторам. Цветные рисунки должны обеспечивать читаемость при их печати в черно-белом варианте. Рисунки, выполненные в Microsoft Excel, должны быть продублированы исходным файлом в формате \*.xls с соблюдением требований к цвету.

**3.5. Таблицы** нумеруются, если их число более одной.

**3.6. Список литературы** должен содержать не менее 15 источников. Ссылки на зарубежные труды – не менее 30%, самцитирование – не более 15%.

**3.7.** При подготовке рукописи необходимо руководствоваться Международной системой единиц **СИ**.

### 4. ДОКУМЕНТЫ, ПРИЛАГАЕМЫЕ К ЭЛЕКТРОННОЙ ВЕРСИИ СТАТЬИ:

**4.1. Рецензия.**

**4.2. Экспертное заключение** о возможности опубликования в открытой печати.

**4.3. Договор.**

---

**Внимание!** Публикация статей является бесплатной.

Статьи проходят обязательное научное рецензирование.

Редакция оставляет за собой право отклонять статьи, не отвечающие указанным требованиям.

По вопросам публикации статей обращаться: 455000, Россия, г. Магнитогорск, пр. Ленина, 38. Магнитогорский государственный технический университет, Редколлегия журнала «Современные проблемы транспортного комплекса России», А.Н. Рахмангулов.

E-mail: ran@logintra.ru; ran@magtu.ru (с указанием темы сообщения «Современные проблемы транспортного комплекса России»).

Телефоны: +7-3519-29-85-16; +7-902-899-69-00.

---

## **РОССИЙСКО-КИТАЙСКАЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ПРОГРАММА «ДВА ДИПЛОМА БАКАЛАВРА В ОБЛАСТИ ЛОГИСТИКИ»**

ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова» (МГТУ) объявляет прием на новую международную образовательную программу «Два диплома бакалавра в области логистики».

Программой предусматривается обучение за рубежом в течение двух лет – в институте информатики Neusoft, г. Далянь, Китай.

После окончания четырехлетнего обучения студенты получают два диплома бакалавра:

- диплом МГТУ по направлению 38.03.03 – «Менеджмент (логистика)»;
- диплом института Neusoft по специальности «Инженерия логистики».

---

### **ПРЕИМУЩЕСТВА ПРОГРАММЫ**

- поступление по ЕГЭ: математика (27 баллов); русский язык (36 баллов); обществознание (42 балла);
- получение 2-х дипломов бакалавра за 4 года обучения: 1-й и 4-й курсы – в России, 2-й и 3-й курсы – в Китае;
- приобретение знания китайского языка – 738 часов языковой подготовки, сдача экзамена на сертификат HSK не ниже 4-го уровня;
- уникальное сочетание гуманитарного и технического образования: занятия ведут известные ученые-транспортники – доктора и кандидаты технических наук, PhD;
- возможность получения высокооплачиваемой работы в зарубежных или совместных транспортных, логистических, промышленных или торговых компаниях;
- минимальные затраты на обучение за рубежом – половина времени обучения проходит в России;
- возможность продолжения обучения на бюджетной основе в магистратуре Китая;
- приобретение знания и понимания китайской культуры, традиций и обычаев.

---

### **ПОДРОБНОСТИ ПРОГРАММЫ**

[www.Logintra.ru](http://www.Logintra.ru) (раздел «Обучение за рубежом»)

Информация о приеме на направление  
38.03.03 – «Менеджмент (логистика)» на официальном сайте МГТУ  
[www.magtu.ru](http://www.magtu.ru) (раздел «Абитуриенту»)

E-mail: [ran@magtu.ru](mailto:ran@magtu.ru)