НАУКА И ТЕХНИКА ТРАНСПОРТА

ISSN 2074-9325

Транспорт

Информатика, вычислительная техника и управление

Безопасность деятельности человека

2021 4

Наука и Техника Транспорта

Научно-технический
и производственный журнал

Входит в перечень изданий, рекомендованных ВАК при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации для опубликования основных научных результатов диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук по следующим научным специальностям:

- 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации (по отраслям) (технические науки);
- 05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (по отраслям) (технические науки);
- 05.22.01 – Транспортные и транспортно-технологические системы страны, ее регионов и городов, организация производства на транспорте (технические науки);
- 05.22.06 – Железнодорожный путь, изыскание и проектирование железных дорог (технические науки);
- 05.22.07 – Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация (технические науки);
- 05.22.08 – Управление процессами перевозок (технические науки);
- 05.26.01 – Охрана труда (по отраслям) (технические науки).

Адрес редакции:
125315, г. Москва, ул. Часовая, д. 22/2
Тел.: (495) 649-19-00 доб. 385.
125315, Chasovaya Str., 22/2, Russia, Moscow
Tel.: (495) 649-19-00 ext: 385. Fax: (499) 151-18-37

E-mail: nttmag@rgotups.ru,
http://ntt.rgotups.ru

Подписной индекс в электронном каталоге агентства «Роспечать» – 69960.

Издатель: РУТ (МИИТ)
Тел.: (495) 649-19-00 доб. 385.
Журнал выходит 4 раза в год.
Свидетельство о регистрации
ПИ №ФС77-82472 от 10 декабря 2021 г.
Выходит с 2002 года.

Журнал включен в Российский индекс научного цитирования (РИНЦ).

Редакция не несет ответственности за представленные материалы. Мнение редакции может не совпадать с мнением автора. Рукописи рецензируются и не возвращаются. Использованы фотоматериалы из открытых источников.

Отпечатано РОАТ РУТ (МИИТ):
125315, Москва, Часовая ул., 22/2

Подписано в печать 23.12.2021.

Усл. печ. л. 13 Тираж 60 экз.
Формат 60×90 1/8. Тип. зак. 12

© Наука и техника транспорта, 2021

Редакционный совет:
д-р техн. наук, проф. Апатцев В.И. – председатель;
д-р техн. наук, проф. Бугреев В.А. – зам.председателя;
д-р техн. наук, проф. Горелик А.В.;
д-р техн. наук, проф. Космодамианский А.С.;
д-р техн. наук, проф. Безродный Б.Ф.;
д-р техн. наук, проф. Никитин А.Б.;
д-р ф.-м. наук, проф. Локтев А.А.;
д-р техн. наук, доц. Сычев В.П.;
д-р техн. наук, проф. Мондрус В.Л.;
д-р техн. наук, проф. Мкртычев О.В.;
д-р техн. наук, проф. Аксенов В.А.;
д-р техн. наук, проф. Шварцбург Л.Э.;
д-р техн. наук, проф. Николайкин Н.И.;
д-р техн. наук, проф. Сидоренко В.Г.;
д-р техн. наук, проф. Осьминин А.Т.;
д-р экон. наук, проф. Шкурина Л.В.;
д-р экон. наук, проф. Мирошниченко О.Ф.;
д-р экон. наук, проф. Белоусова Н.И.

Главный редактор
В.И. Апатцев

Ответственный редактор
В.А. Бугреев
Дизайн и верстка
В.А. Кочнев
Технический редактор
Д.Н. Тихонычев
Английский перевод
М.Л. Окулова

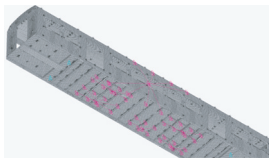
4' 2021

Содержание

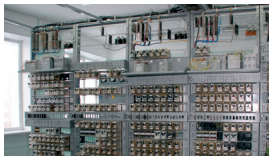
Транспорт

С.Н. Коржин, О.И. Мироненко, В.М. Меланин, С.В. Беспалько
Определение напряженного состояния колеса грузового вагона от реакции рельса **8**

Ю.В. Виноградов, Д.Г. Евсеев, А.В. Коробкин
Сравнение и обоснование выбора варианта исследований экранной среды при движении высокоскоростной амфибии **13**



Р.В. Гучинский
Моделирование влияния податливости крепления оборудования на частоту собственных колебаний кузова вагона городского электропоезда **18**



А.В. Горелик, А.Н. Малых, А.В. Орлов
Определение периодичности работ по техническому обслуживанию систем железнодорожной автоматики и телемеханики **26**

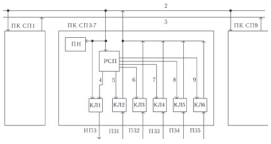
А.П. Батурин, Н.В. Бессонова, А.А. Кравченко
Перерабатывающая способность горки при увеличении вагонов ЗСГ **30**

А.А. Головина, В.В. Заслонов
Стандартизация процесса формирования и эксплуатации безэкипажных судов на разных этапах **36**

Э.А. Мамаев, В.Н. Зубков, Е.А. Чеботарева
Развитие транспортно-логистических услуг на припортовых железных дорогах в условиях цифровой трансформации отрасли **43**

С.А. Моренко, К.С. Моренко
Практический опыт использования насоса малой системы водоснабжения **50**

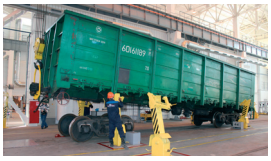
Содержание



П.В. Савченко, К.В. Менакер, Н.В. Романов
Разветвленные рельсовые цепи
с циклическим питанием **55**

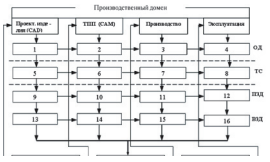
А.С. Куренков, Д.И. Бодриков, Е.М. Лыткина, В.П. Смирнов
Результаты сравнительного исследования безотказности асинхронных вспомогательных машин АЭ92-4 и АНЭ225 электровозов переменного тока **59**

В.Е. Константинов, Ф.Е. Шарыкин, Ю.М. Егоров, Е.Н. Пирогов, А.А. Мойкин, Е.В. Драбкина
Использование СВЧ технологий приготовления пакета присадок для производства смазочных масел **64**

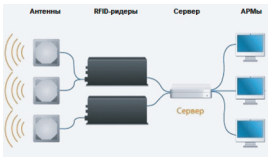


К.А. Сергеев, О.Ю. Кривич, И.К. Сергеев
Построение структурной модели технологического процесса ремонта вагонов **72**

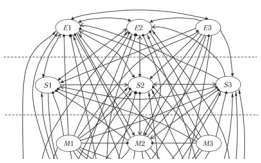
Информатика, вычислительная техника и управление



В.А. Бугреев, А.П. Чехов, П.А. Чехов, Н.А. Борисова
Взаимосвязь технического контроля с задачами системы менеджмента качества при непрерывной информационной поддержке производства **74**



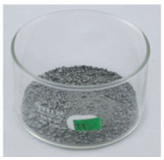
Д.В. Корягин
Применение RFID-технологии
на железнодорожном транспорте **78**



Н.А. Осинцев, А.Н. Рахмангулов
Оценка логистических потоков в зеленых цепях поставок методом DEMATEL **81**

Содержание

Безопасность деятельности человека



В.В. Самойлов
Анализ результатов исследования пылеподавителя агломерирующего гидросорбционного по параметрам эффективности **90**

О.С. Сачкова, Е.А. Трифонова
Современное техническое оснащение вагонов для перевозки осужденных и лиц, находящихся под стражей **94**

CONTENTS

Transport

S.N. Korzhin, O.I. Mironenko, V.M. Melanin, S.V. Bespal'ko
Stress state determination of freight car wheel from rail reaction 8

The authors consider the deflected mode of the wheel during the freight car wobbling. Modelling a stress-strain state this mode is characterized by a change in the point of application of the rail reaction and the possible appearance of a lateral component of the rail reaction when the wheel flange contacts the rail. The results show a strong effect of the car's influence on the deflected mode of the wheel.
Key words: finite element method, stress-strain state (deflected mode), rail reaction, wheel disk, wheel rim

Yu.V. Vinogradov, D.G. Evseev, A.V. Korobkin
Comparison and justification of screen medium research choice when moving a high-speed amphibious aircraft 13

The authors compare the various research methods of the screen medium when moving a high-speed amphibian, and based on the analysis, the most rational method of measuring the sound speed in the medium and the attenuation of the sound signal is selected using a modular screen medium meter with a radio channel included in the on-board measuring system.
Key words: high-speed amphibious aircraft, screen medium, ultrasound, transceiver, density meter

R.V. Guchinsky
Compliance influence modelling of equipment attachment on natural vibration frequency of car body of city electric train 18

The author considers the possibility of frequency increasing of natural bending vibrations of the car body of the city electric train due to the compliance of the attachment of the under-car and roof equipment. It is shown that the effective frequency of vertical oscillations of the equipment is less than the frequency of car body vibrations. It is obtained that the optimum frequency for the equipment can be determined using an amplitude ratio at two frequencies of the natural bending car body vibrations.
Key words: car body, electric train, equipment attachment, finite element method, modal analysis, natural oscillation frequency, car dynamics

A.V. Gorelik, A.N. Malykh, A.V. Orlov
Maintenance periodicity determination of railway automation and telemechanics systems 26

The authors propose a mathematical model which allows determining the maintenance periodicity of railway automation and telemechanics systems according to the maximum test of the availability factor for the 1 and 2 failure categories.
Key words: railway automation and telemechanics, mathematical model, maintenance

A.P. Baturin, N.V. Bessonova, A.A. Kravchenko
Hump yard processing capacity when increasing in number of cars unauthorized for splitting out 30

The article considers the issues related to the increase of processing capacity of the hump yard. Calculations were carried out on the example of the Moskovka station of the West Siberian Railway. The authors answer the questions related to the hump yard operation with the cars unauthorized for splitting out. In sum, a rational option for the hump yard operation is proposed.
Key words: marshalling station, hump yard, hump locomotive, hump yard processing capacity, cars unauthorized for splitting out

CONTENTS

A.A. Golovina, V.V. Zaslonov
Formation and operation process standardization of uncrewed ships at different stages **36**

The authors consider the problems of formation and development of uncrewed shipping as a promising way. The article describes the methods that can be adapted into the system of complex creation and, as a result, achieve the most effective result with open engineering data for a qualitative process of formation and operation. The key role of the legal support of processes and the need for its development and adaptation is indicated.
Key words: uncrewed ships, unmanned (uncrewed) operated vehicles, process standardization, engineering methods

E.A. Mamaev, V.N. Zubkov, E.A. Chebotareva
Development of transport and logistics services on port railways in digital transformation conditions **43**

Using the example of the North Caucasus Railway, the article reveals the tasks of diversifying transport services in the field of dispatching and operation of the transportation process, taking into account the development of the Unified Catalog of Services and the Digital Transformation of Railways.
Key words: rail transport, transport services, digitalization, electronic catalogue of services, efficiency

S.A. Morenko, K.S. Morenko
Practical experience of small water supply system pump using **50**

Facilities of various infrastructures need to be supplied with process water. The use of frequency drives to control pumps is gaining great popularity. The study examined the market offers and scientific developments. It turned out that the centrifugal pump control system makes it possible to ensure a high-quality water supply to small facilities.
Key words: water supply, frequency drive, protection, regulation, centrifugal pump

P.V. Savchenko, K.V. Menaker, N.V. Romanov
Cyclic-powered branched rail circuits **55**

The authors consider the structure and composition of the rail circuit equipment when using a cyclic power supply with the signal current. The article shows the purpose and interaction of the branched rail circuit elements and gives an example of its functioning algorithm.
Key words: rail circuit, cyclic supply with signal current, microprocessor centralization system

A.S. Kurenkov, D.I. Bodrikov, E.M. Lytkina, V.P. Smirnov
Comparative research results of reliability of AE92-4 and ANE225 asynchronous auxiliary machines of AC electric locomotives **59**

The article gives the research results of the reliability of asynchronous auxiliary machines of two fleets of AC electric locomotives operated for a long time and modern under almost equal temperature conditions. Both fleets of AC electric locomotives have been operated in freight traffic for more than ten years after manufacture.
Key words: asynchronous auxiliary machines, AC electric locomotives, research results

V.E. Konstantinov, F.E. Sharykin, Yu.M. Egorov, E.N. Pirogov, A.A. Moikin, E.V. Drabkina
Use of microwave technologies for additive package preparation for lubricating oil production . . **64**

The article presents the experimental research results of microwave technology application for additive package preparation for the production of lubricating oils. It is shown that exposure to microwave radiation makes it possible to reduce energy costs, reduce the duration and reduce the temperature of package preparation, increasing the process efficiency.
Key words: additive package, microwave radiation, lubricating oil, preparation technologies, energy costs, process efficiency

K.A. Sergeev, O.Yu. Krivich, I.K. Sergeev
Structural model construction of railway car repair process **72**

In the article, the authors consider the issues of car repair technological process modelling when using decomposition. This method is a convenient technique for prearranging aggregate units such as a car or a particular assembly.
Key words: production, maintenance, car repair, standardization, spare parts

CONTENTS

Computer science and control

V.A. Bugreev, A.P. Chekhov, P.A. Chekhov, N.A. Borisova
Relationship of technical control with the tasks of the quality management system with continuous information support of production 74

The authors consider the issues allowing to use of information technologies as the basis of quality management systems in designing and manufacturing electrical and radio-electronic products.
Key words: life cycle, electronic devices, diagnostic object, quality management

D.V. Koryagin
Application of RFID-technology in rail transport 78

The author considers the possibility of RFID-technology introducing in the railway transport operation as one of the railway digitalization of aspects. The article describes the general principle of this technology and analyzes the positive and negative aspects of this technology implementation.
Key words: safety, rail transport, Radio-Frequency Identification (RFID), brake shoe holders, digitalization

N.A. Osintsev, A.N. Rakhmangulov
Assessment of logistics flows in green supply chains by DEMATEL method 81

The article presents the methodology for assessing logistic flows indicators using the DEMATEL multi-criterion decision-making method. The system of parameters and indicators of logistic flows, DEMATEL methodology description, the calculated example of application of the methodology for assessing logistic flows in green supply chains are presented.
Key words: green logistics, green supply chains, logistics flows, indicators, Decision Making Trial and Evaluation Laboratory (DEMATEL) method

Safety of human activity

V.V. Samoilov
Research results analysis of the agglomeration hydro-sorption dust suppressor according to efficiency parameters 90

The performance analysis of various dust suppressors was carried out, and the most effective preparation for solving the issue of dust suppression was established.
Key words: ballast, coal dust, bulk cargo transportation, dust collector, dust suppression

O.S. Sachkova, E.A. Trifonova
Modern technical equipment for convicts and detainees 94

The article considers the issues of modern technical equipment of carriages for transportation of convicts and detainees, as well as the conditions for their placement. The authors pay particular attention to the safety of conductors and convoy personnel accompanying the special continent.
Key words: special carriage, convict, convoy, technical equipment, safety

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ КОЛЕСА ГРУЗОВОГО ВАГОНА ОТ РЕАКЦИИ РЕЛЬСА

С.Н. Коржин

О.И. Мироненко

Рассматривается напряженно-деформированное состояние колеса при вилянии грузового вагона. При моделировании напряженно-деформированного состояния данный режим характеризуется изменением точки приложения реакции рельса и возможным появлением боковой составляющей реакции рельса при контакте гребня колеса с рельсом. Результаты показывают сильное воздействие виляния вагона на напряженно-деформированное состояние колеса.

Ключевые слова: метод конечных элементов, напряженно-деформированное состояние, реакция рельса, диск колеса, обод колеса

DOI: 10.53883/20749325_2021_04_08

Рассмотрение напряженно-деформированного состояния колеса грузового вагона под действием реакции рельса представляет определенный интерес. Данное состояние отличается изменением точки приложения реакции рельса, а также появлением боковой составляющей реакции при контакте гребня колеса с рельсом.

Моделирование напряженно-деформированного состояния колеса грузового вагона основывается на применении метода конечных элементов [1]. Расчетная схема изображена на рис. 1.

Диск колеса грузового вагона аппроксимируется оболочечными элементами в виде усеченных конусов (в нашем случае – плоских колец) на основе моментной теории оболочек [2], а обод колеса представлен одним элементом в виде кольцевого стержня на основе гипотезы плоских сечений.

Аппроксимация перемещений оболочечных элементов принимается в виде тригонометрических рядов по окружности и полиномами Эрмита вдоль образующей, а разрешающая система уравнений – на основе принципа Лагранжа. Вклад от одного оболочечного элемента имеет вид [4]:

$$\frac{\partial \Pi}{\partial \vec{W}} - \frac{\partial A}{\partial \vec{W}} = 0 , \qquad (1)$$

Коржин Сергей Николаевич, кандидат технических наук, доцент, директор Центра координации деятельности диссертационных советов, доцент кафедры «Вагоны и вагонное хозяйство» Института транспортной техники и систем управления Российского университета транспорта (ИТТСУ РУТ (МИИТ)). Область научных интересов: технология ремонта ходовых частей нетягового подвижного состава железных дорог, повышение износостойкости и оптимизация профиля катания железнодорожных колес. Автор 14 научных работ.

Мироненко Олег Игоревич, кандидат технических наук, доцент кафедры «Нетяговый подвижной состав» Российской открытой академии транспорта Российского университета транспорта (РОАТ РУТ (МИИТ)). Область научных интересов: динамика систем, организация вагонной отрасли, дистанционные образовательные технологии. Автор 24 научных работ, в том числе четырех учебных пособий.

Меланин Виктор Михайлович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Вагоны и вагонное хозяйство» Института транспортной техники и систем управления Российского университета транспорта (ИТТСУ РУТ (МИИТ)). Область научных интересов: динамика систем, организация вагонной отрасли. Автор 30 научных работ, в том числе пяти учебных пособий.

Беспалько Сергей Валерьевич, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Нетяговый подвижной состав» Российской открытой академии транспорта Российского университета транспорта (РОАТ РУТ (МИИТ)). Область научных интересов: строительная механика вагона, динамика вагона, вопросы безопасности перевозки опасных грузов. Автор 61 научной работы.

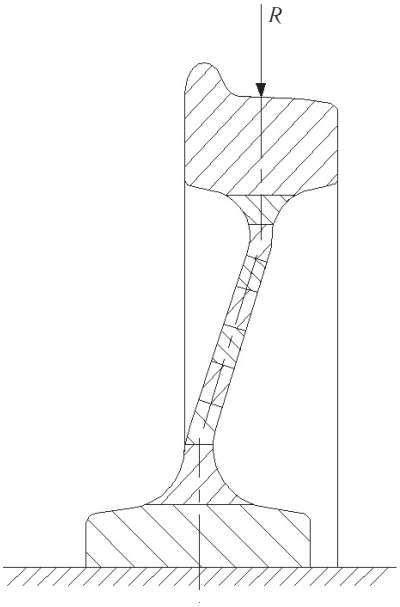


Рис. 1. Расчетная схема колеса грузового вагона

где $\Pi = \frac{1}{2}\int_0^L\int_0^{2\pi} \vec{w}^T [\Phi]^T [d]^T [B][d][\Phi]\vec{w} R d\beta d\xi$ – потенциальная энергия деформации элемента оболочки:

$[\Phi]$ – матрица функций формы перемещений;

$[d]$ – матрица, преобразующая перемещения в деформации;

$[B]$ – матрица жесткостных параметров оболочки;

$\vec{w}^T$ – вектор узловых перемещений;

R – радиус оболочки;

L – длина элемента вдоль образующей;

β – угловая координата оболочки по окружности;

$A = \vec{R}^T [\Phi]\vec{w}$ – работа внешних сил:

$\vec{R} = \{P_u; P_v; P_w\}$ – вектор реакций рельса, действующих на обод;

P_u – горизонтальная (боковая) реакция;

P_v – тангенциальная реакция;

P_w – радиальная реакция.

Для обода колеса выражение потенциальной энергии не содержит интегрирования по координате ξ.

Разрешающая система уравнений имеет вид:

$$[r]\vec{w} = \vec{P}, \qquad (2)$$

где $[r]$ – матрица жесткости;

$\vec{P}$ – вектор внешних нагрузок;

$\vec{w}$ – вектор узловых перемещений конструкции в целом.

Матрица жесткости и вектор внешних нагрузок для конструкции в целом формируют матрицу конечных элементов в соответствии со структурой вектора узловых перемещений конструкции.

Система уравнений (2) разрешается относительно вектора узловых перемещений для каждой гармоники m. После этого определяются все параметры напряженно-деформированного состояния колеса грузового вагона.

Эта методика была применена для расчета колеса грузового вагона в условиях виляния. При этом реакции от рельса полагались действующими статически. Это обусловлено их плавным изменением по сравнению с собственными колебаниями колеса грузового вагона.

Рассматривалось два варианта колес грузовых вагонов:

- с новым ободом «новое»;
- с максимально изношенным ободом «изношенное».

Они отличаются геометрическими характеристиками поперечного сечения обода.

Во всех вариантах удерживались гармоники до девятой включительно. Для получения нулевой гармоники рассматривалось действие на колесо грузового вагона соответствующей осесимметричной нагрузки, распределенной по окружности катания. Первая гармоника находилась через рассмотрение колеса как балки переменного сечения.

Вертикальная реакция рельса принималась равной 123 кН, а расстояние точки приложения силы до гребня колеса грузового вагона варьировалось, при приложении реакции вблизи гребня учитывалась возможность появления одновременно с ней горизонтальной составляющей реакции, равной по модулю 69 кН.

На рис. 2 показан закон изменения по нижней образующей напряжений в диске «нового» колеса при действии радиальной нагрузки вдали от гребня. Сплошной линией здесь и на следующих рисунках изображается график для напряжений $\sigma_{11}^{н}$ со стороны гребня, а штриховой линией – для напряжений $\sigma_{11}^{в}$ с противоположной стороны.

Аналогичные зависимости для случая приложения радиальной нагрузки вблизи гребня приведены на рис. 3. Как видно из результатов расчета, всплески напряжений в диске имеют место вблизи галтели у ступицы и вблизи галтели (или в самой галтели) пере-

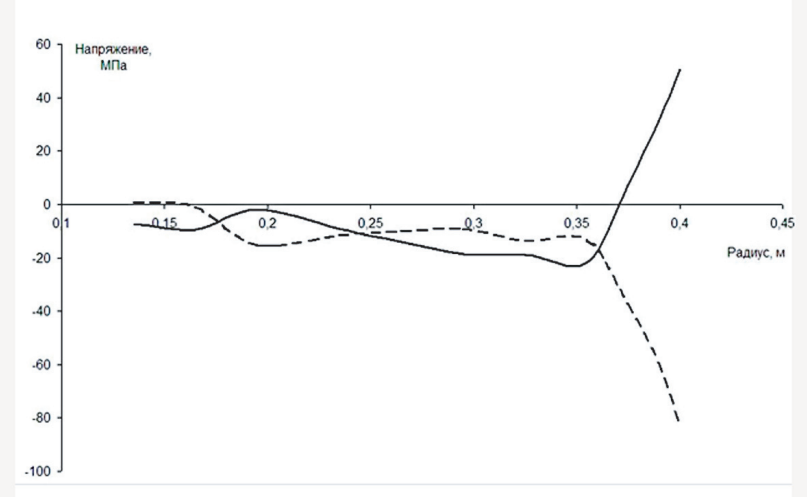


Рис. 2. Изменение напряжений в диске «нового» колеса грузового вагона при действии радиальной нагрузки вдали от гребня

хода от диска к ободу. Кроме того, заметно влияние изгибной составляющей напряжений, которая в крайних точках приложения реакции становится определяющей.

При перемещении точки приложения силы между правым и левым крайними положениями из-за виляния вагона напряжения изменяются в пределах:

- $\sigma_{11}^{н}$ вблизи ступицы: от 99,47 до 44,10 МПа;
- $\sigma_{11}^{в}$ вблизи ступицы: от −108,19 до −49,88 МПа;
- $\sigma_{11}^{н}$ вблизи обода: от 51,84 до −61,25 МПа;
- $\sigma_{11}^{в}$ вблизи обода: от −83,79 до 29,11 МПа.

Эти результаты показывают, что виляние вагона весьма сильно сказывается на напряженно-деформированном состоянии колеса, причем напряжения меняют знак.

Зависимости, полученные для случая одновременного действия вертикальной и горизонтальной составляющих реакции на гребень, изображены на рис. 4. Максимальные значения напряжений вблизи ступицы (R=23,5 см; β=0) составляют:

- $\sigma_{11}^{н}$ =−152,29 МПа;
- $\sigma_{11}^{в}$ = 145,92 МПа.

Максимальные значения напряжений вблизи обода:

- $\sigma_{11}^{н}$ =−173,46 МПа;
- $\sigma_{11}^{в}$ = 141,32 МПа.

Здесь представляет интерес изменение поля напряжений при вилянии вагона. На рис. 5 и 6 приведены поля напряжений $\sigma_{11}^{н}$ и $\sigma_{11}^{в}$.

Сплошная, штриховая и штрихпунктирная линии соответствуют приложению реакции вдали от гребня, в середине и вблизи гребня соответственно. Штриховая линия соответствует дополнительному действию на гребень горизонтальной реакции рельса.

Для колеса грузового вагона с максимально изношенным ободом при перемещении точки приложения реакции рельса из крайнего правого в крайнее левое положение, напряжения в диске изменяются в пределах:

- $\sigma_{11}^{н}$ вблизи ступицы: от 96,63 до 45,96 МПа;
- $\sigma_{11}^{в}$ вблизи ступицы: от −111,43 до −55,76 МПа;
- $\sigma_{11}^{н}$ вблизи обода: от 52,23 до −61,35 МПа;
- $\sigma_{11}^{в}$ вблизи обода: от −83,69 до 28,71 МПа.

Сравнение результатов расчетов вариантов колес с новым и изношенным ободом колеса грузового вагона показывает, что износ обода не оказывает значительного влияния на уровень максимальных напряжений. Это обосновывается тем, что при износе обода колеса грузового вагона эффект понижения жесткости обода колеса компенсируется изменением положения его центра тяжести и становится более «благоприятным» с точки зрения возникающих в диске колеса грузового вагона изгибающих моментов.

Литература

1. Бате, К.-Ю. Численные методы анализа и метод конечных элементов / К.-Ю. Бате, Е. Вилсон. Перевод с англ. А. С. Алексеева и др. —Москва: Стройиздат, 1982. —447 с. —Текст : непосредственный.

2. Филин, А.П. Элементы теории оболочек / А.П.Филин .-3-е изд., перераб. и доп. —Ленинград: Стройиздат, Ленинградское отд-ние, 1987. —384 с. —Текст: непосредственный .

3. Лойцянский, Л.Г. Курс теоретической механики: в 2 т. Т .2 .Динамика: учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности 010500 «Механика» / Л.Г. Лойцянский, А.И. Лурье. —Изд. 7-е, испр. и доп. —Москва: Дрофа, 2006. —719 с. —(Классики отечественной науки. Естественные, технические, гуманитарные науки). —ISBN 5-358-01277-X . —Текст: непосредственный.

4. Некоторые вопросы развития вагоноремонтных предприятий. —Текст: непосредственный / О.И. Мироненко, К.А. Сергеев, О.Ю. Кривич, А.А. Петров, М.В. Козлов // Транспортное дело России. —2019. —№3. —С.158—160.

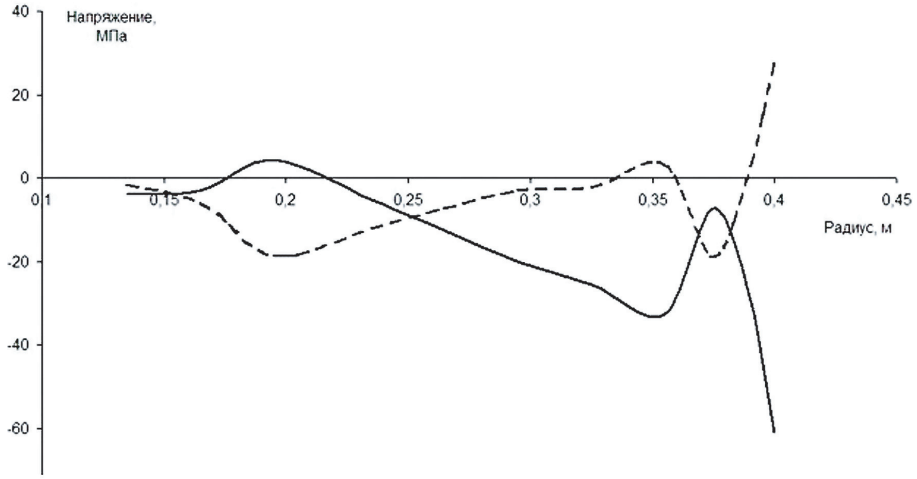


Рис. 3. Изменение напряжений в диске «нового» колеса грузового вагона при действии радиальной нагрузки вблизи гребня

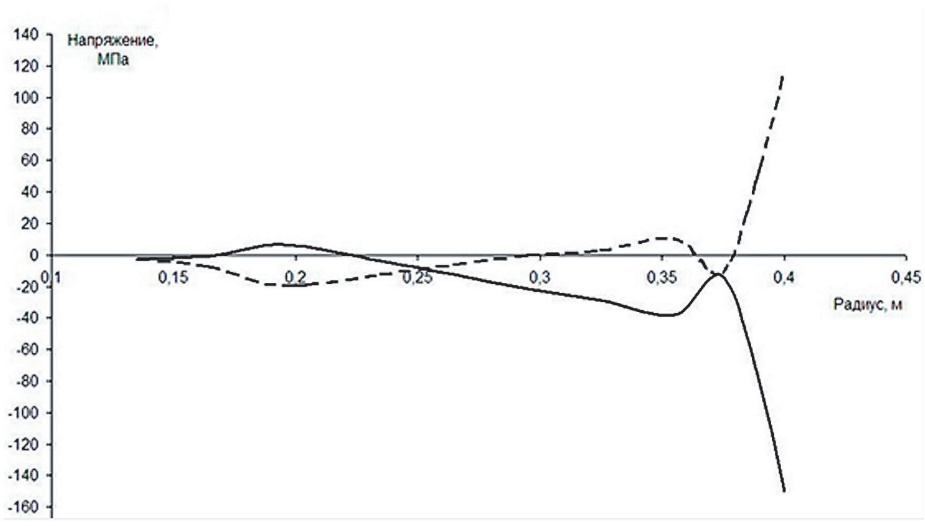


Рис. 4. Изменение напряжений в диске «нового» колеса грузового вагона при действии радиальной и осевой нагрузки у гребня

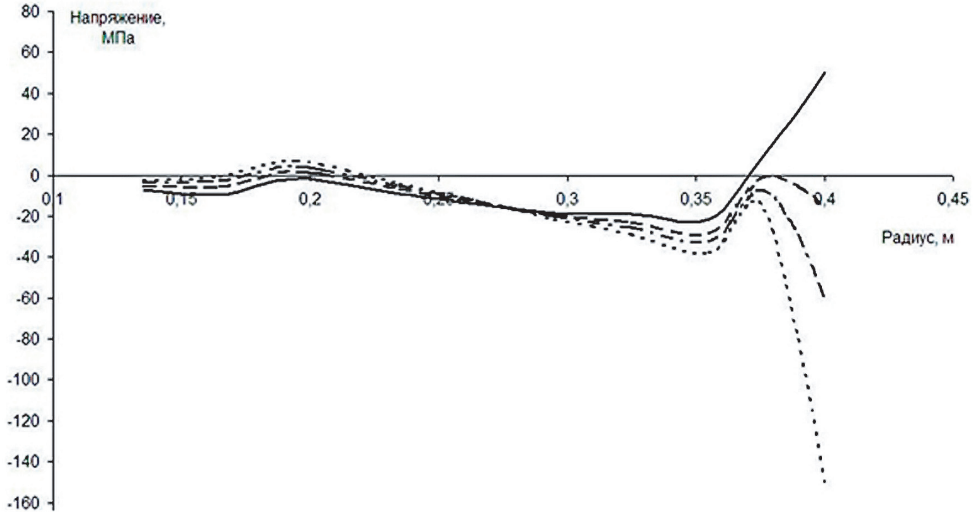


Рис. 5. Изменение напряжений на наружной поверхности диска «нового» колеса при вилянии грузового вагона

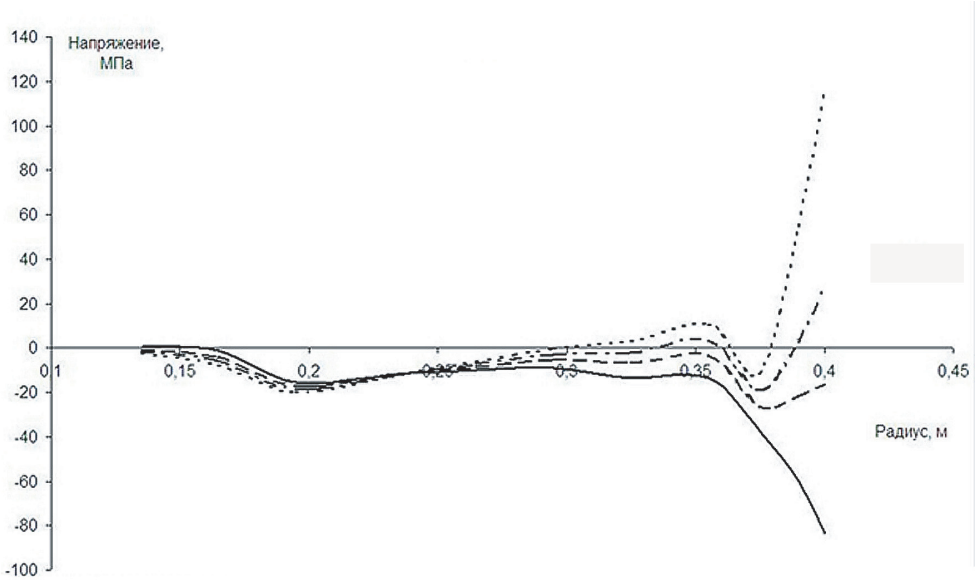


Рис. 6. Изменение напряжений на внутренней поверхности диска «нового» колеса при вилянии грузового вагона

СРАВНЕНИЕ И ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ВАРИАНТА ИССЛЕДОВАНИЙ ЭКРАННОЙ СРЕДЫ ПРИ ДВИЖЕНИИ ВЫСОКОСКОРОСТНОЙ АМФИБИИ

Сравниваются различные способы исследования экранной среды при движении высокоскоростной амфибии и на основе их анализа выбирается наиболее рациональный способ измерения скорости звука в среде и затухания звукового сигнала с использованием модульного измерителя экранной среды с радиоканалом, входящим в состав бортового измерительного комплекса.

Ю.В. Виноградов

Д.Г. Евсеев

Ключевые слова: высокоскоростная амфибия, экранная среда, ультразвук, приемопередатчик, измеритель плотности

DOI: 10.53883/20749325_2021_04_13

Экранная среда, возникающая в процессе движения высокоскоростных амфибий (ВСА), представляет значительный интерес с точки зрения проектирования и эксплуатации экранопланов и других ВСА, в то же время системные исследования по определению ее состояния и свойств, практически отсутствуют. Стоит выделить работу [1], в которой выдвинута и обоснована гипотеза о конденсированном состоянии экранной среды.

Целью данной статьи является сравнение и обоснование выбора варианта исследований экранной среды при движении высокоскоростной амфибии.

При исследовании состояния экранной среды возможны различные методы измерений (рис. 1). Большую популярность получают вновь освоенные методы измерений, связанные с применением определенных физических явлений и использованием величин, однозначно зависящих от плотности, например, ослабление радиоактивного излучения, скорость распространения звука в веществе, частота и амплитуда колебаний вибрирующего вспомогательного тела; параметры, имеющие место в потоке жидкости или газа, вихрях [2].

Исходя из того, что возникновение экранной среды и измерение ее состояния, возможны только при движении ВСА и, учитывая особенности оборудования для реализации вышеперечисленных методов, наиболее рациональным и практически реализуемым авторам представляется именно ультразвуковой метод [3].

Виноградов Юрий Викторович, ведущий инженер АО «Научно-технического центра эксплуатации и ресурса авиационной техники». Область научных интересов: теория и практика эксплуатации и продления ресурса самолетов государственной и экспериментальной авиации, а также проблемы измерений различных сред акустическими методами. Автор восьми научных работ.

Евсеев Дмитрий Геннадьевич, доктор технических наук, профессор кафедры «Технология транспортного машиностроения и ремонта подвижного состава» Института транспортной техники и систем управления Российского университета транспорта (ИТТСУ РУТ (МИИТ)), Заслуженный деятель науки РФ, научный руководитель – координатор Программы «Формирование и развитие высокоскоростного амфибийного транспорта в России». Область научных интересов: безопасность на транспорте, высокоскоростной амфибийный транспорт. Автор более 250 научных работ, в том числе трех учебников, пяти монографий. Имеет более 40 патентов и авторских свидетельств на изобретения.

Коробкин Александр Васильевич, директор испытательного сертифицированного центра «Высокоскоростной амфибийный транспорт России» Института транспортной техники и систем управления Российского университета транспорта (ИТТСУ РУТ (МИИТ)). Область научных интересов: теория и практика высокоскоростного амфибийного транспорта, проектирование и испытание экранопланов. Автор пяти научных работ.

За основу ВСА авторами взят наиболее сложный объект – экраноплан, с учетом его конструктивных особенностей. При этом большую роль будут играть варианты расположения источников ультразвукового излучения и приемников.

Определение наиболее рациональной схемы измерения и взаиморасположения приемо-передающих устройств возможно лишь на основе анализа положительных и отрицательных факторов для разных вариантов. Рассмотрим некоторые из них.

1. Измерение скорости прохождения ультразвуковой волны при расположении приемопередатчика (поз. 1–2, рис. 2) ультразвукового сигнала на одном из контактных устройств ВСА с внутренней стороны.

Положительными сторонами данного метода являются:

- простота проведения измерительных работ с учетом обязательного перемещения по борту контактного устройства, с целью проведения замеров в различных местах зоны экранной среды по ее высоте и длине;
- наличие одного канала передачи измеряемых параметров среды.

Отрицательные стороны данного метода:

- увеличенные массово-габаритные размерности;
- потребности значительной мощности излучаемого сигнала;
- большая величина затухания сигнала при двухкратном прохождении зоны экранной среды и поглощении его сигнала композитной поверхностью кон-

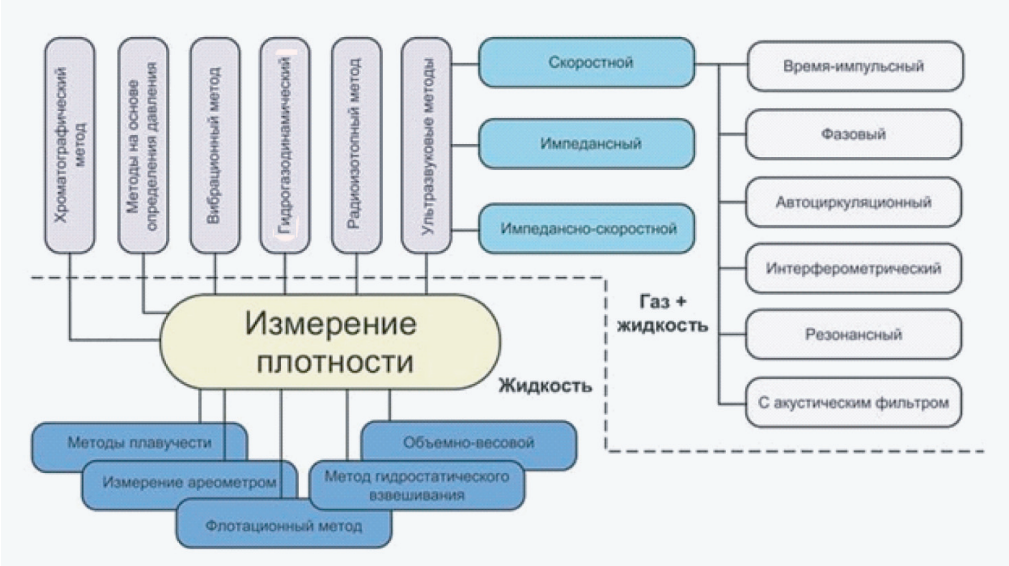
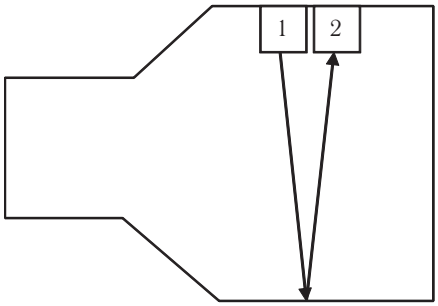


Рис. 1. Методы определения плотности жидкости и газа

а



б

Рис. 2. Расположение УЗ приемопередатчика на одном контактном устройстве: а – схема; б – на реальной ВСА

тактного устройства, а также ухода сигнала более 300 мм при скорости ВСА 200 км/ч.

2. Измерение скорости прохождения ультразвуковой волны при расположении источника ультразвука (поз. 1, рис. 3) на правом борту контактного устройства ВСА, а приемника (поз. 2, рис. 3) – на левом борту контактного устройства ВСА.

Положительными сторонами данного метода являются:

- уменьшенные массово-габаритные размерности;
- незначительная мощность излучаемого сигнала.

Отрицательные стороны данного метода:

- потребность двух каналов передачи измеряемых параметров среды;
- усложнение проведения измерительных работ с учетом обязательного перемещения по бортам контактного устройства приемника и передатчика с целью проведения замеров в различных местах зоны экранной среды по ее высоте и длине.

3. Измерение скорости прохождения ультразвуковой волны при расположении приемника и передатчика на нижней несущей поверхности ВСА для получения отраженного сигнала от подстилающей поверхности (поз. 1–2, рис. 4).

Основным преимуществом данного метода является возможность проведения измерения во всех местах несущей поверхности, включая нижние части корпуса. При положительных результатах измерений данный метод может быть использован как высотомерный прибор для сверхмалых высот, а также для замера высоты волны.

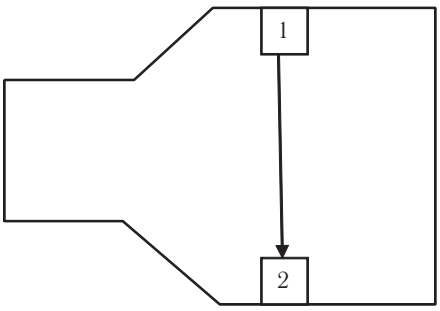
Недостатками данного метода являются недостатки первого метода №1.

4. Измерение затухания прохождения ультразвукового сигнала от источника к приемнику при их расположении на внутренних поверхностях контактных устройств ВСА (рис. 5).

Основным преимуществом данного метода является возможность получения значений плотности среды без выполнения каких либо перерасчетов, а также данных энергетического состояния экранной среды ввиду возможности фиксации ее температурного состояния.

Недостатками данного метода являются недостатки второго метода.

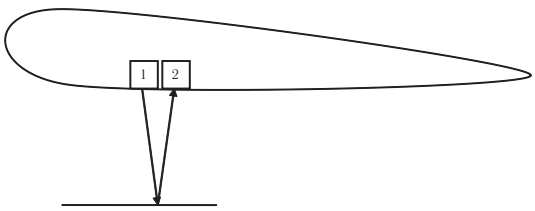
а



б

Рис. 3. Расположение УЗ источника и УЗ приемника на разных контактных устройствах: а – схема; б – на реальной ВСА

а



б

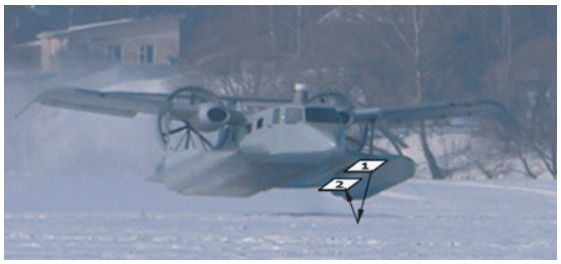
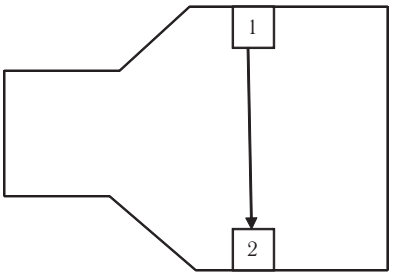


Рис. 4. Расположение УЗ передатчика и УЗ приемника на нижней поверхности ВСА: а – схема; б – на реальной ВСА

а



б

Рис. 5. Расположение УЗ передатчика и приемника на внутренних поверхностях контактных устройств: а – схема, б – на реальной ВСА

5. Измерение скорости звука в среде и затухания звукового сигнала, при прохождении ультразвука от источника к приемнику в случае их расположения на модульном измерителе плотности экранной среды с радиоканалом, входящим в состав бортового измерительного комплекса (рис. 6, 7).

Положительными сторонами данного метода являются:

- наличие нескольких каналов измерения;
- возможность получения плотности среды, как с выполнением перерасчетов, так и без них;
- возможность проведение измерений, во всех местах несущей поверхности включая нижнюю части корпуса;
- возможность сравнения результатов, измерений параметров экранной среды и параметров невозмущенной воздушной среды;
- возможность учитывать при проведении измерений параметры среды и движения ВСА (скорость, барометрическое давление, высоту полета ВСА, температуру окружающей среды, величины крена и тангажа, время и др.);
- возможность визуального контроля и регистрации состояния экранной среды оптическим способом.

Отрицательные стороны данного метода:

- усложнение проведения измерительных работ с учетом обязательного перемещения и крепления модульных измерителей с целью проведения замеров в различных местах зоны экранной среды по ее высоте и длине;
- наличие нескольких радиоканалов при проведении измерений;
- необходимость автономных источников тока для электропитания модульных измерителей;
- возможные аэродинамические погрешности при проведении измерений, связанных с конструктивными параметрами модульных измерителей;

Выводы

1. Все рассмотренные способы замера состояния экранной среды вполне могут быть применимы при практических исследованиях.

2. Оптимальным из рассмотренных способов замера состояния экранной среды, дающим возможность комплексного ее исследования с наибольшим охватом параметров движения ВСА считается способ измерения скорости звука в среде и затухания звукового сигнала при прохождении ультразвука от источника к приемнику при их расположении на модульном измерителе параметров экранной среды с радиоканалом, входящим в состав бортового измерительного комплекса (см. рис. 6, 7).

3. Открывается возможность создания модульного измерителя параметров экранной среды [4] из состава имеющихся в эксплуатации приборов и оборудования.

4. При разработке технического задания и методик проведения практических работ по исследованию экранной среды необходимо учитывать реальную возможность применения всех рассмотренных способов замеров.

5. В последующей статье авторами будет дан аналитический обзор возможности исследования состояния экранной среды способом замера ее энергетического состояния.

Литература

1. Евсеев, Д.Г. Состояние и особенности экранной среды при движении высокоскоростной амфибии/ Д.Г. Евсеев, А.В. Коробкин. –Текст: непосредственный. Наука и техника транспорта. –2021. –№3. –С. 77–80.

2. Михайлов, И.Г. Основы молекулярной акустики / И.Г. Михайлов, В.А. Соловьев, Ю.П. Сырников; Под ред. И.Г. Михайлова. –Москва: Наука, 1964. –514 с. –Текст: непосредственный.

3. Кивилис, С.С. Плотномеры / С.С.Кивилис. –Москва: Энергия,1980. –281 с. –Текст: непосредственный.

4. Блокин-Мечталин, Ю.К. Методы и средства построения высокоэффективных информационно-измерительных систем для исследования моделей летательных аппаратов в аэродинамических трубах: специальность 05.11.16: диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук/ Блокин-Мечталин Юрий Константинович. –Жуковский, 2020. –300 с. –Текст: непосредственный.

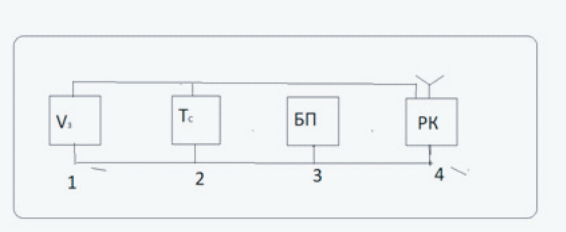


Рис. 6. Модульный измеритель плотности экранной среды: 1 – измеритель плотности экранной среды; 2 – датчик температуры воздуха; 3 – блок питания; 4 – передатчик радиоканала

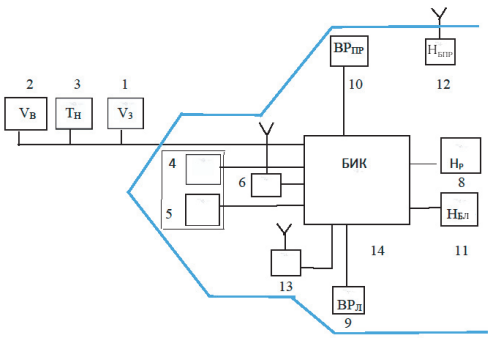
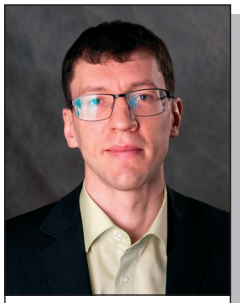


Рис. 7. Бортовой измерительный комплекс (БИК): 1–измеритель плотности невозмущенного воздушного потока; 2–датчик воздушной скорости; 3–датчик температуры воздуха невозмущенного потока; 4–датчик тангажа ВСА; 5–датчик крена ВСА; 6–спутниковая навигационная система GPS/ГЛОНАСС (датчик путевой скорости, времени и при необходимости измерения навигационных параметров); 7–датчик барометрического давления; 8–радиовысотомер сверхмалых высот; 9–видеорегистратор левого борта; 10–видеорегистратор правого борта; 11–мобильный блок с радиоканалом, измеритель плотности и температуры среды левого борта; 12–мобильный блок с радиоканалом, измеритель плотности и температуры среды правого борта; 13–приемник радиоканала; 14–бортовой измерительный комплекс

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПОДАТЛИВОСТИ КРЕПЛЕНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ НА ЧАСТОТУ СОБСТВЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ КУЗОВА ВАГОНА ГОРОДСКОГО ЭЛЕКТРОПОЕЗДА



Р.В. Гучинский

Рассмотрены возможности повышения частоты собственных изгибных колебаний кузова вагона городского электропоезда за счет податливости крепления подвагонного и крышевого оборудования. Показано, что эффективная частота вертикальных колебаний оборудования меньше частоты колебаний кузова. Получено, что оптимальную частоту для оборудования можно определять с использованием отношения амплитуд на двух частотах собственных изгибных колебаний кузова.

Ключевые слова: кузов, электропоезд, крепление оборудования, метод конечных элементов, модальный анализ, частота собственных колебаний, динамика вагона

DOI: 10.53883/20749325_2021_04_18

Конструирование новых вагонов электропоездов предполагает улучшение их характеристик при обеспечении надежности и безопасности. К кузову, как основному несущему элементу вагона, предъявляются в первую очередь требования прочности, технологичности, достаточных значений собственных частот. Тенденция к снижению массы кузова особенно явно прослеживается в последние десятилетия в связи с возрастающими требованиями по населенности вагонов и увеличивающимися конструкционными скоростями. Снижение массы кузова при заданной населенности приводит к уменьшению нагрузки на ось, а следовательно – к возможности снижения массы тележек, уменьшению затрат на эксплуатацию состава, а также меньшему износу ходовых частей вагона и путей [1].

Требования к минимальным значениям частот собственных колебаний содержатся как в отечественной, так и в зарубежной нормативной документации. Например, в соответствии с [2] первая частота собственных изгибных колебаний (ЧСИК) полностью оборудованного кузова не должна быть меньше 8 Гц. Проектирование кузовов с максимальным значением ЧСИК позволяет получать конструкции, характеризующиеся минимальной массой и максимальной изгибной жесткостью [3]. Такие кузова характеризуются меньшими амплитудами колебаний на тележках, что в свою очередь улучшает показатели плавности хода вагона и уровень комфорта пассажиров. Из-за трудоемкости и продолжительности испытаний по определению ЧСИК, в связи с сокращающимися сроками проектирования нового подвижного состава, решающую роль начинает играть численное моделирование динамических процессов [4]. Расчет ЧСИК может быть выполнен при анализе гармонических процессов, в этом случае возможно также оценить амплитуды колебаний кузова, при этом необходимо задать его демпфирующие свойства [5]. Так как первая форма изгибных колебаний преобладает над высшими формами, расчет можно выполнять и с помощью модального анализа без учета демпфирования. Повышение значения ЧСИК при проектировании является трудоемкой комплекс-

Гучинский Руслан Валерьевич, кандидат технических наук, эксперт бюро кузовов ООО «ТМХ ИНЖИНИРИНГ» в Санкт-Петербурге, старший научный сотрудник лаборатории прикладных исследований Института проблем машиноведения Российской академии наук (ИПМаш РАН). Область научных интересов: динамика и прочность подвижного состава, усталость металла, сварные соединения, механика разрушения. Автор 38 научных работ.

ной задачей, что связано в первую очередь с отличием оболочечной конструкции кузова от балки постоянного сечения [6]. Когда ресурсы по повышению ЧСИК увеличением жесткости конструкций кузова исчерпаны, возможно использование рациональной компоновки подвагонного и крышевого оборудования [7].

Применение податливых креплений подвагонного оборудования может также быть использовано для улучшения динамических качеств кузова [3]. Тяжеловесное оборудование, расположенное в центре кузова, приводит к улучшению показателей плавности хода в вертикальном направлении [8]. Обычно для исследования влияния податливости опор на ЧСИК используется аналитическая модель кузова в виде балки Бернулли-Эйлера под равномерно распределенной нагрузкой [9;10]. Более точно это влияние может быть оценено с помощью численного моделирования [3]. Обычно влияние податливости креплений оборудования рассматривается для высокоскоростного подвижного состава межрегионального назначения [11], оценивается влияние только подвагонного оборудования. Цель исследования – возможность увеличения ЧСИК неголовного вагона городского электропоезда за счет податливости крепления как подвагонного, так и крышевого оборудования при различной населенности вагона.

Конструкция кузова и методика исследования

Для построения расчетной модели использовался один из проектных вариантов кузова моторного вагона городского электропоезда (рис. 1). Кузов представляет собой замкнутую оболочку с вырезами под оконные и дверные проемы. Рама имеет классическую конструкцию с укороченными хребтовыми балками. Масса тары кузова составляет 37,4 т. В качестве основного варианта рассматривается максимальная населенность – исходя из полного заполнения мест для сидения и расчета стоящих пассажиров из расчета 7 чел. на 1 м^2 свободной площади пола [2]. Также рассматривается вариант расчетной населенности при плотности стоящих пассажиров 3 чел. на 1 м^2 и вариант без пассажиров, соответствующий таре кузова. Масса брутто кузова при расчетной населенности составляет 50 т, при максимальной – 60,4 т.

Модель рамы состоит из четырехузловых элементов тонкой оболочки. В модели торцевых, боковых стен и крыши также используются трехузловые балочные элементы. Средний размер конечных элементов составляет 50 мм, так как больший размер элемента приводит к погрешности расчета ЧСИК более 1%. Нагрузки прикладываются с помощью сосредоточенных массовых элементов. Нагрузки от внутреннего оборудования, потолков и облицовки располагаются в областях его крепления на поперечных балках крыши и стойках боковой стены. Нагрузка от стоящих пассажиров прикладывается в областях пересечения продольных брусков конструкций деревянного пола с поперечными балками рамы. Жесткость и демпфирующее влияние обшивки, изоляции, окон и дверей не учитываются в связи с неоправданной сложностью моделирования конструкции. Демпфирование металлоконструкции кузова и подвесного оборудования считается постоянным, в расчетах его влияние не

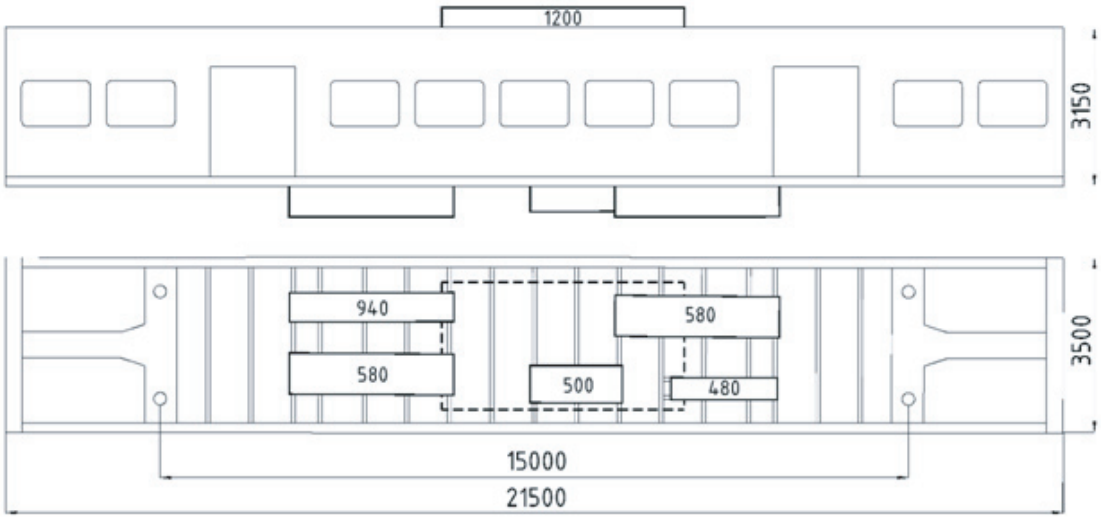


Рис. 1. Конструктивная схема кузова вагона электропоезда

рассматривается. Конечно-элементная модель кузова показана на рис. 2.

Расчет ЧСИК выполняется в программном комплексе ANSYS. Используется модальный анализ и блочный метод Ланцоша. Формы колебаний нормируются по отношению к матрице масс. Материал конструкции кузова имеет постоянные характеристики жесткости, модуль Юнга $2{,}1 \cdot 10^5$ МПа и коэффициент Пуассона 0,3.

Кузов располагается на упругих опорах с вертикальной жесткостью 0,66 МН/м, что соответствует общей жесткости двух ступеней подвешивания вагона. Поскольку рассматриваются только вертикальные колебания, жесткости опор в остальных направлениях не учитываются.

На кузове расположены пять ящиков оборудования в подвагонном пространстве и один на крыше. Массы оборудования приведены на рис 1. Подвагонное оборудование закрепляется на поперечных балках рамы и на дополнительных продольных профилях, установленных между ними. Ящики оборудования моделируются с помощью жесткой области. Жесткая область предполагает взаимное ограничение поступательных степеней свобод для главного узла, соответствующего центру масс ящика и второстепенных узлов, которые располагаются в точках крепления ящика. Второстепенные узлы далее соединяются с конструкцией кузова с помощью упругих элементов, позволяющих моделировать жесткость соединения в вертикальном направлении. Элементы оборудования массой 480 и 500 кг закрепляются в шести точках, остальное оборудование – в восьми (рис. 2).

Результаты и обсуждение

Обычно для исследования влияния податливости креплений оборудования на ЧСИК используется упрощенная аналитическая модель, включающая один элемент оборудования, представленный сосредоточенной массой и располагаемый посередине кузова [12]. Закономерность влияния жесткости креплений k на ЧСИК f приведена на рис. 3. В условном диапазоне I малых значений жесткости креплений при их повышении происходит увеличение ЧСИК. Эти значения ЧСИК оказываются выше значения f_a, полученного при абсолютно жестком креплении оборудования. Такой эффект обусловлен колебаниями кузова и оборудования в противофазе на верхней ЧСИК (верхняя кривая на рис. 3), в результате которых вертикальные колебания кузова оказываются частично скомпенсированы колебаниями оборудования.

В диапазоне III большой жесткости креплений, ЧСИК оказывается ниже значения, полученного при абсолютно жестких опорах, применение опор со значениями жесткости этого диапазона оказывает негативное влияние на ЧСИК. В этом случае кузов и оборудование испытывают колебания в одном направлении. При таких колебаниях на нижней частоте (нижняя кривая на рис. 3) более эффективно использование жесткого крепления. В переходном диапазоне II ярко выражены колебания как на верхней частоте, так и на нижней. При этом существует точка, при которой амплитуды изгибных колебаний кузова на обоих частотах оказываются равными. При использовании опор с жесткостью этого диапазона возможно проявления интенсивных колебаний на нижней частоте. Таким образом, оптимальными значениями жесткости

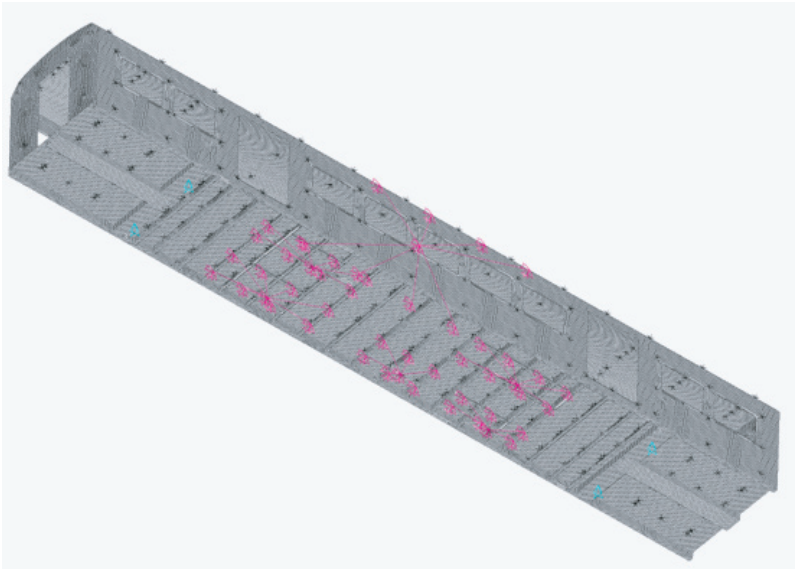


Рис. 2. Конечно-элементная модель кузова

креплений являются значения крайней левой части диапазона II, которые позволяют повысить значение ЧСИК по сравнению со значением, полученным при абсолютно жестком креплении оборудования.

В общем случае на кузове располагается несколько ящиков оборудования, которые могут быть размещены несимметрично, при соблюдении условий разности нагрузок по сторонам вагона. Оборудование, обычно характеризующееся различной массой и расположением, может оказывать неоднозначное влияние на ЧСИК. Для оценки возможного влияния асимметрии колебаний ящиков оборудования был проведен расчет чувствительности значения верхней ЧСИК к различным значениям жесткости крепления ящиков. В качестве основного принимался вариант распределения значения жесткостей креплений исходя из одинакового значения частоты колебаний 5 Гц всех ящиков оборудования. Для этой частоты получены значения жесткости крепления каждого ящика в соответствии со значением его массы:

$$k = 4\pi 2 f_{об}^{\ 2}\, m/n,$$

где $f_{об}$ – частота собственных колебаний оборудования; m – масса оборудования; n – число креплений ящика.

Также задавались жесткости креплений, составляющие 0,5 и 2 значения основной жесткости. Рассматривались различные комбинации жесткостей для шести ящиков, таким образом, общее число рассмотренных вариантов составило $3^6=729$. При этом значения жесткости были сосредоточены в диапазоне малых жесткостей, при котором преобладает верхняя частота.

Результаты расчета ЧСИК при различных комбинациях жесткостей оборудования приведены на рис. 4. По горизонтальной оси отложено суммарное значение относительной жесткости креплений ящиков $k_0 = \sum_{i=1}^{6} n_i k_i / m_i$. Так как жесткость крепления каждого ящика k_i пропорциональна его массе m_i, результаты располагаются дискретными группами. В целом значение ЧСИК увеличивается пропорционально суммарной жесткости оборудования. Наибольшее значение достигается при максимальных значениях жесткости оборудования. Поэтому наиболее рациональным является поддержание одинакового значения частоты колебаний всех ящиков во избежание рассогласованных по направлению колебаний оборудования. В этом случае удается достичь максимального эффекта от применения упругих креплений.

Задаваясь значениями частоты колебаний оборудования можно построить зависимость, аналогичную представленной на рис. 3, в частотных координатах (рис. 5). Основным является расчет ЧСИК при максимальной населенности, т.к. регламентируется значение ЧСИК для кузова брутто [2]. В этом случае при возрастании частоты колебаний оборудования до бесконечности, что соответствует жесткому креплению оборудования, ЧСИК составляет 7,51 Гц. В переходном диапазоне жесткости, соответствующем частотам колебания оборудования 6–10 Гц, происходит смена преобладающей ЧСИК с верхней на нижнюю. Для оценки переходной точки был выполнен расчет отношения амплитуд на двух ЧСИК (рис. 6). Амплитуда колебаний определялась как разность вертикальных перемещений центрального и концевого сечения кузова. При частоте колебаний оборудования 8 Гц амплитуды колебаний кузова брутто на верхней и нижней частоте становятся равными. При этом частота колебаний оборудования примерно равна среднему арифметическому значению верхней и нижней частоты. Таким образом, это

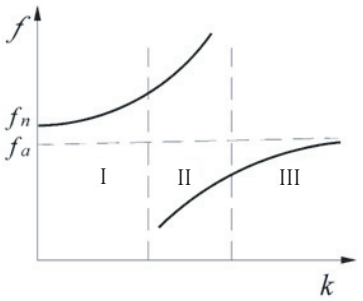


Рис. 3. Зависимость ЧСИК от жесткости крепления подвесного оборудования

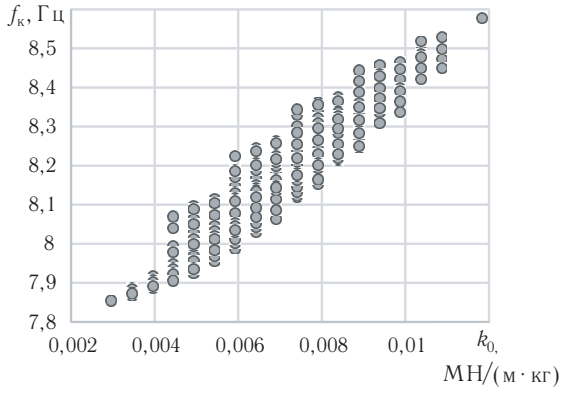


Рис. 4. Зависимость ЧСИК от общей относительной жесткости оборудования

условие можно считать критерием перехода с верхней ЧСИК на нижнюю. Графически переходная точка для кузова брутто соответствует равным расстояниям по оси ординат графиков частот кузова от линии равных частот, показанной на рис. 5 штриховой линией. При расчетной населенности или в случае отсутствия пассажиров такой закономерности не наблюдается.

При максимальной населенности переходная частота оборудования составляет 8 Гц, однако наибольшее снижение в соотношении амплитуд колебаний на верхней и нижней частоте происходит в диапазоне частот колебаний 6–7 Гц (рис. 6). Сопоставление форм и амплитуд колебаний кузова брутто для частот оборудования 6 и 7 Гц приведено на рис. 7.

Таким образом, для повышения ЧСИК брутто со значения 7,51 Гц при жестком креплении оборудования до нормативного значения в 8 Гц и выше, необходимо ввести податливые крепления оборудования исходя из расчета частоты колебаний оборудования 6–6,5 Гц. При этом ЧСИК удается увеличить на 9–11% (см. рис. 5). Амплитуды колебаний на нижней частоте в этом случае будут как минимум в 2,3 раза меньше, чем на верхней, что, скорее всего, не приведет к ухудшению динамических качеств кузова. Тем не менее, позитивное влияние податливости креплений на показатели плавности хода и уровни виброускорений нуждается в экспериментальном подтверждении.

В некоторых нормативных документах регламентируется также значение ЧСИК для тары кузова, которое не должно быть менее 10 Гц [13]. Ухудшение динамических качеств кузова при введении податливости опор крепления оборудования нежелательно

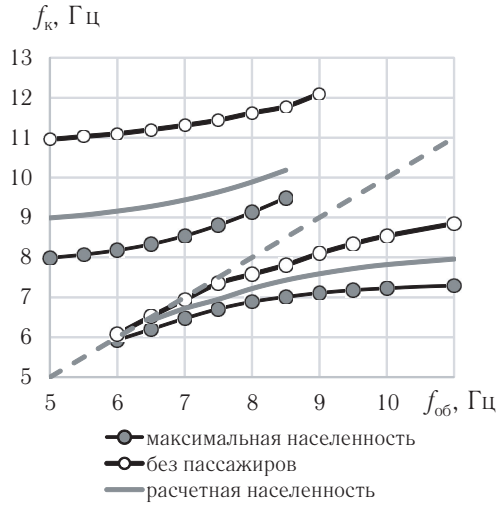


Рис. 5. ЧСИК в зависимости от частоты колебаний оборудования

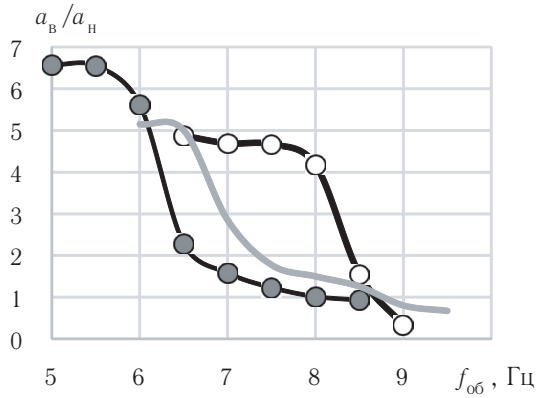


Рис. 6. Зависимость отношения амплитуд колебаний кузова на верхней и нижней частоте от частоты колебаний оборудования (обозначения – см. рис. 5)

а

б

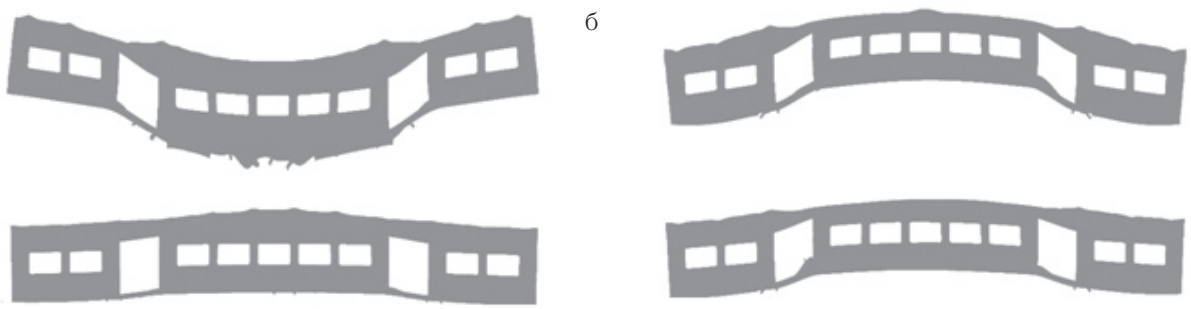


Рис. 7. Формы изгибных колебаний кузова на верхней (сверху) и нижней (снизу) ЧСИК при частоте колебаний оборудования 6 Гц (а) и 7 Гц (б)

не только при максимальной населенности кузова, но и при любом количестве пассажиров, находящихся в салоне. Поэтому для сопоставления были проведены расчеты ЧСИК при расчетной населенности и при отсутствии пассажиров. Все случаи населенности, в т.ч. расчетная, располагаются на графике частот между предельными кривыми, отмеченными на рис. 5 маркерами. Сопоставление отношения амплитуд показывает, что при уменьшении числа пассажиров в сравнении с максимальной населенностью переход преобладающей ЧСИК с верхней на нижнюю происходит при большей частоте колебаний оборудования, чем в случае максимальной населенности (см. рис. 6). Следовательно, применение податливых креплений оборудования исходя из частоты его колебаний 6–6,5 Гц позволяет в данном случае повысить значение ЧСИК при любой населенности вагона. В частности, для тары кузова ЧСИК может быть повышена не менее чем до 11 Гц, что позволяет удовлетворить требованию [13]. С применением жестких опор значение ЧСИК составляет 9,78 Гц.

Помимо общего влияния податливости оборудования на ЧСИК также было рассмотрено отдельно влияние подвагонного и крышевого оборудования. Жесткости креплений назначались исходя из частоты колебаний оборудования от 5 до 7 Гц. По результатам расчета ЧСИК можно заключить, что податливость креплений крышевого оборудования тоже приводит к повышению ЧСИК, как и податливость подвагонного оборудования (рис. 8). В случае жестко закрепленного подвагонного оборудования его масса вместе с массой кузова испытывает колебания в противофазе с колебаниями крышевого оборудования на податливых опорах. Податливое крепление крышевого оборудования приводит к небольшому повышению ЧСИК – в пределах 2% (рис. 8, линия 1). При жестком креплении крышевого оборудования податливость подвагонного оборудования приводит к росту ЧСИК на 5–12%. При аналогичном характере влияния на ЧСИК различия объясняются тем, что масса ящика крышевого оборудования составляет около 28% общей массы оборудования.

Конструкция крыши традиционно отличается меньшей жесткостью в сравнении с конструкцией рамы кузова из-за особенностей распределения нагрузки при эксплуатации подвижного состава. Массовая доля оборудования, располагаемого на раме, обычно в несколько раз больше соответствующей доли крышевого оборудования. Из-за меньшей массы влияние податливости креплений крышевого оборудования на частоту также меньше.

График зависимости частот, соответствующий верхней ЧСИК, располагается левее линии равных частот (см. рис. 5). Следовательно, для эффективного использования податливости опор необходимо выбирать их жесткости исходя из значений собственных частот оборудования меньших, чем значения ЧСИК на рессорном подвешивании. Для рассматриваемого примера частота оборудования должна быть примерно на 22–27% ниже ЧСИК кузова брутто.

Назначение жесткости креплений исходя из частот его колебаний, меньших ЧСИК, может приводить к ухудшению динамических качеств оборудования. Поэтому предварительное назначение жесткости креплений нуждается в дополнительных расчетах и экспериментах по подтверждению вибропрочности и виброустойчивости оборудования.

Кроме того, следует учитывать, что частоты колебаний оборудования должны быть отделены от частот собственных колебаний не только кузова, но и тележек для исключения возможных резонансных колебаний [14].

Проектирование кузова с учетом податливости крепления оборудования желательно сопровождать его стендовыми испытаниями. При испытаниях следует проводить измерения виброускорений в широком диапазоне частот для выявления возможных резонансных частот, связанных с податливостью креплений. В рамках предварительного динамического расчета и последующих ходовых испытаний необходимо подтвердить положительное влияние податливых креплений на показатели плавности хода.

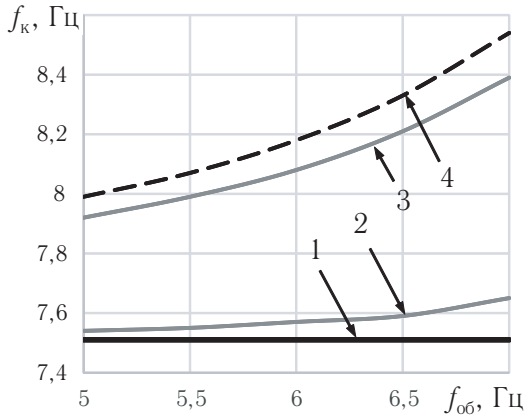


Рис. 8. Оценка влияния подвагонного и крышевого оборудования на ЧСИК, жесткое закрепление оборудования: 1 – всего; 2 – подвагонного; 3 – крышевого; 4 – только податливые крепления

Заключение

Назначение жесткости креплений подвагонного и крышевого оборудования для повышения ЧСИК целесообразно выполнять на основании равных значений частот собственных колебаний оборудования. При этом жесткость крепления зависит от массы оборудования, количества точек крепления и вычисляется по формуле для частоты колебания груза с одной степенью свободы. Значение частоты собственных колебаний оборудования для эффективного увеличения ЧСИК должно быть меньше значения ЧСИК с оборудованием при любой населенности. Для кузова брутто вагона городского электропоезда рассматриваемой конструкции применение упругих креплений позволяет повысить ЧСИК на 9–11%.

Частота колебаний оборудования, при которой происходит смена преобладающей ЧСИК с верхней на нижнюю, увеличивается с сокращением населенности. Таким образом основным расчетным режимом для назначения жесткости креплений является случай максимальной населенности.

Использование упругих креплений крышевого оборудования влияет на ЧСИК аналогично подвагонному оборудованию, при этом степень влияния пропорциональна относительной массе оборудования.

Оптимальную жесткость креплений оборудования следует определять, выполняя сравнение амплитуд колебаний на верхней и нижней ЧСИК для предотвращения отрицательного эффекта податливости креплений. Из-за сложности динамических процессов, происходящих при возбуждении колебаний кузова, расчеты должны быть подтверждены динамическими испытаниями кузова и вагона. Назначение упругих и демпфирующих свойств креплений следует выполнять при обеспечении вибропрочности и виброустойчивости оборудования.

Литература

1. Structural-optimization-based design process for the body of a railway vehicle made from extruded aluminum panels / Lee H.A. [et al.] // Journal of Rail and Rapid Transit. 2015. Vol. 230(4). P.1283–1296.
2. ГОСТ 33796-2016 . Моторвагонный подвижной состав. Требования к прочности и динамическим качествам = Railway multiple units. Durability and dynamics requirements: межгосударственный стандарт: издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 4 июля 2016 г. № 800-ст: введен впервые: дата введения 2017-04-01/подготовлен Федеральным государственным унитарным предприятием «Всероссийский научно-исследовательский институт стандартизации и сертификации в машиностроении» (ВНИИНМАШ), Открытым акционерным обществом «Научно-исследовательский и конструкторско-технологический институт подвижного состава» (ОАО «ВНИКТИ») и Открытым акционерным обществом «Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта» (ОАО «ВНИИЖТ»). –Москва: Стандартинформ, 2016. –35 с. –Текст: непосредственный.
3. Гучинский, Р.В. Оптимизация конструкции кузова вагона электропоезда по значению частоты собственных колебаний / Р.В. Гучинский. –Текст: непосредственный //Вестник Научно-исследовательского института железнодорожного транспорта. –2021. –Т.80, №3. –С. 152–159.
4. Мейстер, В.М. Исследование вибрации пассажирских вагонов: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / В.М. Мейстер; Ленинградский институт инженеров железнодорожного транспорта имени В.Н. Образцова. –Ленинград: [б.и.], 1967. –19 с. –Текст: непосредственный.
5. Гучинский, Р. В. Предварительный расчет частоты собственных изгибных колебаний кузовов вагонов электропоездов/ Р.В. Гучинский,С.В.Петинов. –Текст: непосредственный // Вестник института проблем естественных монополий: Техника железных дорог. –2019. –№2 (46). –С. 50 – 57.
6. Гучинский, Р.В. Влияние жесткости оборудования на собственную частоту изгибных колебаний кузова вагона электропоезда / Р.В. Гучинский. –Текст: непосредственный // Вестник Научно-исследовательского института железнодорожного транспорта. –2018. –Т. 77, №4. –С. 251–255.
7. Guo J., Shi H., Luo R., Wu P. Parametric Analysis of the Car Body Suspended Equipment for Railway Vehicles // IEEE Access. 2019. Vol.7. P. 88116 – 88125.
8. Influence of equipment excitation on flexible carbody vibration of EMU / Shi H. [et al.] // J. Mod. Transport. 2014. Vol. 22(4). P. 195–205.

9. Dumitriu M. Numerical study of the inuence of suspended equipment on ride comfort in high-speed railway vehicles // Scientia Iranica B. 2020. Vol. 27(4). P. 1897–1915.

10. Application of DVA theory in vibration reduction of carbody with suspended equipment for high-speed EMU / Shi H. [et al.] // Sci China Tech Sci. 2014. Vol. 57(7). P. 1425–1438.

11. Gong D., Zhou J., Sun W. On the resonant vibration of a flexible railway car body and its suppression with a dynamic vibration absorber // Journal of Vibration and Control. 2012. Vol. 19(5). P. 649–657.

12. Нормы для расчета и оценки прочности несущих элементов и динамических качеств экипажной части моторвагонного подвижного состава железных дорог МПС РФ колеи 1520 мм. –Москва, 1997. –143 с. –Текст: непосредственный.

13. EN 12663-1:2010. Railway applications – Structural requirements of railway vehicle bodies – Part 1: Locomotives and passenger rolling stock (and alternative method for freight wagons). Brussels. 2010. 43 p.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЕРИОДИЧНОСТИ РАБОТ ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ ОБСЛУЖИВАНИЮ СИСТЕМ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ АВТОМАТИКИ И ТЕЛЕМЕХАНИКИ

А.В. Горелик

А.Н. Малых

Предложена математическая модель, позволяющая определить периодичность работ по техническому обслуживанию систем железнодорожной автоматики и телемеханики по критерию максимизации коэффициента готовности по отказам 1 и 2 категории.

Ключевые слова: железнодорожная автоматика и телемеханика, математическая модель, техническое обслуживание

DOI: 10.53883/20749325_2021_04_26

В настоящее время периодичность технического обслуживания (ТО) систем и устройств железнодорожной автоматики и телемеханики (ЖАТ) определяется плановыми графиками технического обслуживания в дистанциях СЦБ и зависит в первую очередь от класса и специализации железнодорожной линии. В то же время на функционирование систем и устройств ЖАТ значительно влияет интенсивность их использования при реализации процесса движения поездов [1].

Различие параметров перевозочного процесса, таких как интенсивность движения поездов, пропускная и провозная способность участка железных дорог, специализация железнодорожной линии и ряда других приводит при прочих равных условиях к различным рискам, связанным с задержками в движении поездов – рискам потерь поездо-часов.

Управление рисками является важной частью внедряемой компанией ОАО «РЖД» методологии управления ресурсами, рисками и анализа надежности.

В связи с этим целесообразно разработать модель периодичности ТО, которая позволила бы обеспечивать допустимый уровень рисков, описывающих влияние возникающих в системах ЖАТ отказов на перевозочный процесс.

Для учета влияния на перевозочный процесс в математической модели предлагается использовать коэффициент готовности по отказам 1 и 2 категории.

Горелик Александр Владимирович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Системы управления транспортной инфраструктурой» Российской открытой академии транспорта Российского университета транспорта (РОАТ РУТ (МИИТ)). Область научных интересов: эффективность функционирования и технической эксплуатации систем железнодорожной автоматики и телемеханики. Автор 350 научных и методических работ, в том числе трех монографий и четырех учебников. Имеет 61 патент на изобретения.

Малых Александр Николаевич, старший преподаватель кафедры «Системы управления транспортной инфраструктурой» Российской открытой академии транспорта Российского университета транспорта (РОАТ РУТ (МИИТ)). Область научных интересов: влияние надежности и эффективности систем железнодорожной автоматики и телемеханики на перевозочный процесс. Автор 28 научных работ.

Орлов Александр Валерьевич, кандидат технических наук, доцент кафедры «Системы управления транспортной инфраструктурой» Российской открытой академии транспорта Российского университета транспорта (РОАТ РУТ (МИИТ)). Область научных интересов: моделирование и оценка, анализ и обеспечение эффективности технических систем железнодорожной автоматики и телемеханики. Автор 82 научных работ.

К отказам 1 и 2 категории относят отказы, вызвавшие задержку в движении поездов более шести минут [2]. Такие задержки считаются существенными.

Состояние системы ЖАТ в течение длительной эксплуатации может быть описано регенерирующим процессом [3]. В этом случае коэффициент готовности по отказам 1 и 2 категории определяется соотношением математических ожиданий:

$$k_{\Gamma 12} = \frac{MX^{(0)}}{M\tilde{X}}, \qquad (1)$$

где $X^{(0)}$ – случайное время, в течение которого система ЖАТ на периоде регенерации находится во множестве состояний, за исключением неработоспособных, вызывающих задержку в движении поездов в соответствии с классификацией отказов на 1 и 2 категории;

$\tilde{X}$ – длительность периода регенерации.

В модели предлагается коэффициент готовности системы ЖАТ по отказам 1 и 2 категории определять на основе аналогичных показателей отдельных устройств различных типов, из которых она состоит.

Коэффициент готовности по отказам 1 и 2 категории для совокупности устройств ЖАТ общим количеством N_q, представляют в виде

$$k_{\Gamma 12}(\tau) = \frac{\tau}{\tau + M_\gamma + \sum_{j=1}^{N_q} T_j \cdot H_j(\tau)}, \qquad (2)$$

где τ – интервалы времени между ТО устройств ЖАТ;

M_γ – математическое ожидание оперативного времени работ по ТО устройств ЖАТ;

T_j – математическое ожидание времени устранения отказов 1 и 2 категории;

$H_j(\tau)$ – функция восстановления, находимая решением уравнения:

$$H_j(t) = F_j(t) + \int_0^t F_j(t-x)dH_j(x), \qquad (3)$$

здесь $F_j(t)$ – функция распределения времени ξ_j безотказной работы устройства j:

$$F_j(t) = P(\xi_j < t). \qquad (4)$$

Уравнение (3) принято решать с помощью преобразования Лапласа:

$$H_j^*(p) = \frac{F_j^*(p)}{1 - F_j^*(p)}, \qquad (5)$$

где p – обозначение оператора Лапласа:

$$F_j^*(p) = \int_0^\infty e^{-pt} dF_j(t). \qquad (6)$$

Если рассматривать группы устройств и систем ЖАТ одного типа s, то значения интенсивности отказов 1 и 2 категории у них принимаются одинаковыми, тогда формулы (2)–(6) могут быть разрешены в конкретном виде.

При экспоненциальном законе надежности для одного устройства ЖАТ заданного типа

$$F_{1s}^*(p) = \int_0^\infty e^{-pt} dF_{1s}(t) = \frac{2\lambda_{12s}}{p + \lambda_{12s}} - \frac{2\lambda_{12s}}{p + 2\lambda_{12s}}, \qquad (7)$$

Тогда

$$H_{1s}^*(p) = \frac{F_{1s}^*(p)}{1 - F_{1s}^*(p)} = \frac{2\lambda_{12s}^2}{p(p + 3\lambda_{12s})} = \frac{2\lambda_{12s}}{3p} - \frac{2\lambda_{12s}}{3(p + 3\lambda_{12s})}; \qquad (8)$$

$$H_{1s}(t) = \frac{2}{3} \cdot \lambda_{12s} \cdot t - \frac{2\lambda_{12s}}{3} \cdot \frac{1 - e^{-3 \cdot \lambda_{12s} \cdot t}}{3 \cdot \lambda_{12s}}; \qquad (9)$$

$$H_{1s}'(t) = \frac{2}{3} \cdot \lambda_{12s} \cdot \left(1 - e^{-3 \cdot \lambda_{12s} \cdot t}\right). \qquad (10)$$

Подстановка в формулу (2) позволяет получить выражение для вычисления зависимости коэффициента готовности по отказам 1 и 2 категории совокупности устройств ЖАТ типа s:

$$k_{\Gamma 12s}(T_{\text{ТО } s}) = \frac{\tau_s}{\tau_s + t_{\text{оп уст } s} + m_s \cdot T_{\text{рег}} \cdot H_{1s}(\tau_s)} = \frac{\tau_s}{\tau_s + t_{\text{оп уст } s} + m_s T_{\text{рег}} \left(\frac{2}{3} \lambda_{12s} \tau_s - \frac{2\lambda_{12s}}{3} \cdot \frac{1 - e^{-3 \cdot \lambda_{12s} \cdot \tau_s}}{3 \cdot \lambda_{12s}} \right)}. \qquad (11)$$

Величину τ_s находят по формуле:

$$\tau_s = \frac{8760}{X_s},$$

$$X_s = \frac{T_{\text{ТО } s} - T_{\text{ТО } s \text{ min}} + \frac{T_{\text{ТО } s \text{ max}} - T_{\text{ТО } s \text{ min}}}{\tau_{s \text{ min}} - \tau_{s \text{ max}}} \cdot \tau_{s \text{ max}}}{\frac{T_{\text{ТО } s \text{ max}} - T_{\text{ТО } s \text{ min}}}{\tau_{s \text{ min}} - \tau_{s \text{ max}}}}, \qquad (12)$$

здесь $T_{\text{ТО } s \text{ max}}$, $T_{\text{ТО } s \text{ min}}$ – периодичность ТО (раз в год) устройств и систем ЖАТ типа s для линии 5-го и 1-го классов соответственно;

$\tau_{s \text{ min}}$, $\tau_{s \text{ max}}$ – средняя величина интервалов между ТО τ_s для устройств ЖАТ типа s на линии 5-го и 1-го классов соответственно (допустимо взять минимальное и максимальное значение интервала при текущей технологии).

Таким образом, формула (11) является соотношением, характеризующим зависимость коэффициента готовности по отказам 1 и 2 категории группы устройств типа s от периодичности их ТО $T_{\text{ТО } s}$.

Уравнение для определения интервала между ТО устройств ЖАТ при условии максимизации коэффи-

циента готовности по отказам 1 и 2 категории имеет вид:

$$\tau_s \cdot \sum_{j=1}^{N_q} T_j \cdot H_j^{/}(\tau_s) - \sum_{j=1}^{N_q} T_j \cdot H_j(\tau_s) = M_\gamma . \qquad (13)$$

Замена переменных и подстановка выражений (9) и (10) приводит выражение (13) к виду:

$$\tau_s \cdot m_s \cdot T_{\text{рег}} \cdot \frac{2}{3} \cdot \lambda_{12s} \cdot \left(1 - e^{-3 \cdot \lambda_{12s} \cdot \tau_s}\right) -$$

$$- m_s \cdot T_{\text{рег}} \cdot \left(\frac{2}{3} \cdot \lambda_{12s} \cdot \tau_s - \frac{2\lambda_{12s}}{3} \cdot \frac{1 - e^{-3 \cdot \lambda_{12s} \cdot \tau_s}}{3 \cdot \lambda_{12s}}\right) = t_{\text{оп уст } s} .$$

После преобразований получим:

$$\frac{9}{2} \cdot \frac{t_{\text{оп уст } s}}{m_s \cdot T_{\text{рег}}} = 1 - e^{-3 \cdot \lambda_{12s} \cdot \tau_s} \cdot \left(1 + 3 \cdot \lambda_{12s} \cdot \tau_s\right) .$$

Из этого выражения может быть найдена периодичность τ_s. При расчете следует учесть, что в рамках применяемого в ОАО «РЖД» риск-менеджмента значения λ_{12s} могут соответствовать границам между разными смежными уровнями риска в соответствующей матрице.

Для решения удобно выполнить замену переменных:

$$3 \cdot \lambda_{12s} \cdot \tau_s = x;\ 1 - \frac{9}{2} \cdot \frac{t_{\text{оп уст } s}}{m_s \cdot T_{\text{рег}}} = y . \qquad (14)$$

Получим трансцендентное уравнение вида:

$$y = 1 - e^{-x} \cdot (1 + x).$$

Преобразуем выражение и выполним подстановку $m = 1 + x$, где $-x = -m + 1$. С учетом подстановки:

$$1 - y = m e^{-m+1};$$

$$\frac{y-1}{e} = -m e^{-m}.$$

Выполним подстановку функции Ламберта $W(u \cdot e^u) = y$ [3].

$$W\left(\frac{y-1}{e}\right) = W(-m e^{-m});$$

$$W\left(\frac{y-1}{e}\right) = -m;$$

$$x = -W\left(\frac{y-1}{e}\right) - 1,$$

W-функция Ламберта определена на интервале $(-\frac{1}{e};\ \infty)$. Если $\frac{y-1}{e} > -\frac{1}{e}$, то имеется решение $x \in R$. Если $\frac{y-1}{e} < 0$, то W-функция двузначна – имеется две ветви: $W_0(x)$ и $W_{-1}(x)$.

Рассмотрим пример из [4] (рисунок). Пусть $y = 0{,}45$, тогда:

$$W_0\left(\frac{-0{,}55}{e}\right) \approx -0{,}263;\ x_0 \approx 0{,}263 - 1 \approx -0{,}737;$$

$$W_{-1}\left(\frac{-0{,}55}{e}\right) \approx -2{,}523;\ x_1 \approx 2{,}523 - 1 \approx 1{,}523.$$

Поскольку величина x неотрицательна ($\lambda_{12s} \geq 0$; $\tau_s \geq 0$), то решением будет являться $x_1 \approx 1{,}523$. Также решение может быть найдено итерационным способом.

Тогда интервал между ТО определяется из формулы (13):

$$\tau_{\text{расч } s} = \frac{x_1}{3 \cdot \lambda_{12s}} .$$

Окончательно периодичность ТО устройств и систем ЖАТ типа s находится по формуле:

$$T_{\text{ТО расч } s} = \frac{T_{\text{ТО } s \max} - T_{\text{ТО } s \min}}{\tau_{s \min} - \tau_{s \max}} \times$$

$$\times (1 / \tau_{\text{расч } s} - \tau_{s \max}) + T_{\text{ТО } s \min} \ , \text{ раз в год.} \qquad (15)$$

Достигаемый максимум коэффициента готовности устройств и систем ЖАТ типа s можно найти подстановкой результата (15) в формулу (12) и последующего расчета формулы (11), однако максимум коэффициента готовности можно найти по формуле:

$$k_{\Gamma 12s}(T_{\text{ТО } s}) = \frac{1}{1 + m_s \cdot T_{\text{рег}} \cdot H_{1s}^{/}(\tau_{\text{расч } s})} =$$

$$= \frac{1}{1 + m_s \cdot T_{\text{рег}} \cdot \frac{2}{3} \cdot \lambda_{12s} \cdot \left(1 - e^{-3 \cdot \lambda_{12s} \cdot \tau_{\text{расч } s}}\right)}.$$

Значение коэффициента готовности системы ЖАТ по отказам 1 и 2 категории для i-й границы уровней риска определяется как:

$$K_{\Gamma 12i}(T_{\text{ТО}}) = \begin{cases} K_{\Gamma 12 \overline{\text{гл}}\, is}(T_{\text{ТО}}) \cdot K_{\Gamma 12\, \text{гл}\, is}(T_{\text{ТО}}) \Rightarrow \text{для станции;} \\ K_{\Gamma 12\, \text{гл}\, is}(T_{\text{ТО}}) \Rightarrow \text{для перегона.} \end{cases}$$

В свою очередь, значение коэффициента готовности по устройствам ЖАТ вне главного хода находится по формуле:

$$K_{\Gamma 12 \overline{\text{гл}}\, is}(T_{\text{ТО } s}) = \prod_{s=1}^{q_{\overline{\text{гл}}}} K_{\Gamma 12 \overline{\text{гл}}\, is}(T_{\text{ТО } s}) ,$$

где $q_{\overline{\text{гл}}}$ – количество типов устройств вне главного хода.

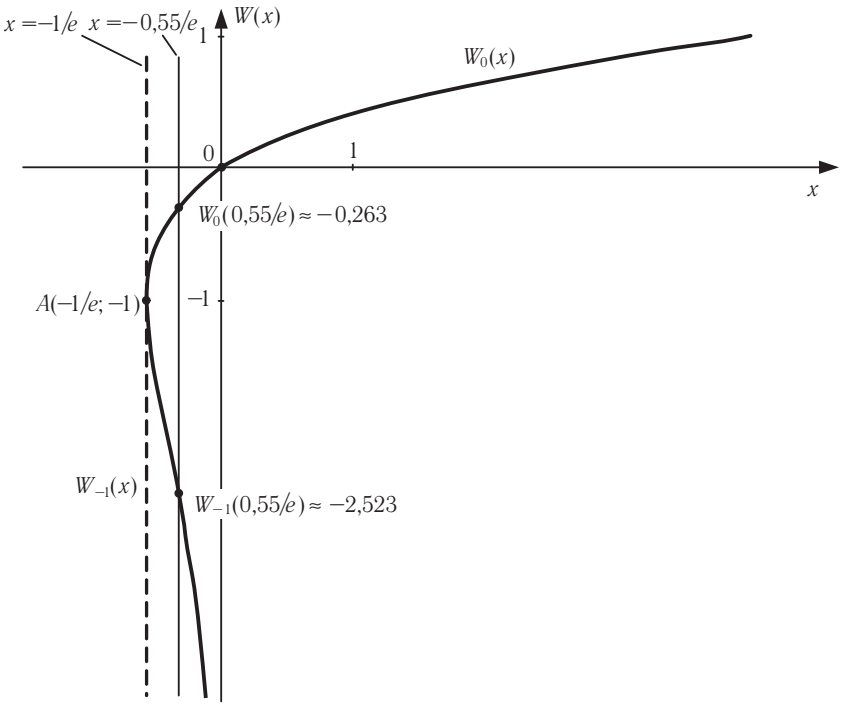


Рисунок. График функции Ламберта

Значения коэффициента готовности по устройствам ЖАТ на главном ходу находится по формуле:

$$K_{\Gamma 12\,\text{гл}is}(T_{\text{ТО}\,s}) = \prod_{s=1}^{q_{\text{гл}}} K_{\Gamma 12\,\text{гл}is}(T_{\text{ТО}\,s}),$$

где $q_{\text{гл}}$ – количество типов устройств на главном ходу.

Рассмотренная в статье математическая модель может быть использована при решении таких задач, как обоснование решений о целесообразности изменения периодичности ТО систем ЖАТ с учетом класса и специализации железнодорожной линии, интенсивности движения поездов, оценка уровня риска, связанного с надежностью функционирования устройств и систем ЖАТ, в случае некорректного учета работ по ТО систем ЖАТ на основе методологий ALARP и УРРАН, что в конечном счете может являться основой для методов, способствующих обеспечению эффективного распределения финансовых и материальных ресурсов.

Литература

1. Горелик, А.В. Математическая модель технического обслуживания устройств железнодорожной автоматики и телемеханики для участков различных классов и специализаций / А.В. Горелик, А.Н. Малых, А.В. Орлов. –Текст: непосредственный // РУТ(МИИТ) . –Москва. –2020. –61 с. –Деп. в ВИНИТИ 03.09.20, №49-В2020.

2. Методическое руководство по управлению ресурсами и рисками в хозяйстве автоматики и телемеханики на основе методологии УРРАН. Утверждено ОАО «РЖД» 21 ноября 2015 г.

3. Дубинов, А.Е. W-функция Ламберта и ее применение в математических задачах физики: учебное пособие для вузов / А.Е. Дубинов, И.Д. Дубинова, С.К. Сайков. –Саров: ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», 2006. –160 с. –ISBN 5-9515-0065-6. –Текст: непосредственный.

4. Надежность и эффективность в технике: справочник: в 10 т. Т. 8: Эксплуатация и ремонт / [А.М. Андронов и др.]; Под ред. В.И. Кузнецова, Е.Ю. Барзиловича. –Москва: Машиностроение, 1990. –319 с. –Текст: непосредственный.

ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩАЯ СПОСОБНОСТЬ ГОРКИ ПРИ УВЕЛИЧЕНИИ ВАГОНОВ ЗСГ

А.П. Батурин

Н.В. Бессонова

Рассмотрены вопросы, связанные с повышением перерабатывающей способности горки. Расчеты проводились на примере станции Московка Западно-Сибирской железной дороги. Даны ответы на вопросы, связанные с работой горки при условии наличия вагонов ЗСГ. В конечном итоге предложен рациональный вариант работы горки.

Ключевые слова: сортировочная станция, сортировочная горка, горочный локомотив, перерабатывающая способность горки, вагоны ЗСГ

DOI: 10.53883/20749325_2021_04_30

Районы Сибири и Дальнего Востока обладают большим экономическим потенциалом, но транспортная инфраструктура там развита слабо и имеет очень большую загрузку, что сказывается на темпах роста объема перевозок. Чтобы исправить это положение ОАО «РЖД» реализует проект «Восточный Полигон», который должен будет существенно улучшить транспортную доступность, а именно: предполагается ликвидация «узких мест», укладка второго главного пути на определенных участках, создание единого центра управления перевозками и др. Увеличение пропускной и провозной способности железных дорог, перерабатывающей способности технических станций, рост объема перевозимых грузов – все это, несомненно, скажется на загрузке сортировочных станций, вследствие чего необходимо рассмотреть возможность увеличения перерабатывающей способности горок.

Реализация проекта «Восточный Полигон» затронет станции, не только входящие в этот проект, но и станции других железных дорог. Например, станцию Московка Западно-Сибирской железной дороги, которая расположена на главном ходу Транссиба.

Станция Московка по характеру работы является сортировочной станцией, по объему – внеклассной. Имеет пять парков: два приемо-отправочных парка для транзитных поездов без переработки (ПОП «Б» и ПОП «В»), отправочный парк «Г», сортировочный парк «С» и приемо-отправочный парк ПОП «А», специализированный для транзита с переработкой. Станция Московка оборудована автоматизированной горкой средней мощности и имеет по два пути надвига и роспуска. Обходного пути нет [1;2].

На горке работают два горочных локомотива, осуществляя последовательный роспуск. Осаживание

Батурин Александр Павлович, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Управление эксплуатационной работой и безопасностью на транспорте» Института управления и цифровых технологий Российского университета транспорта (ИУЦТ РУТ (МИИТ)). Область научных интересов: организация вагонопотоков, увеличение провозной способности линий. Автор 40 научных работ.

Бессонова Наталья Владимировна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Управление эксплуатационной работой и безопасностью на транспорте» Института управления и цифровых технологий Российского университета транспорта (ИУЦТ РУТ (МИИТ)). Область научных интересов: увеличение провозной способности линий, организация пропуска поездов во время ремонта инфраструктуры. Автор 19 научных работ.

Кравченко Артем Андреевич, аспирант кафедры «Управление эксплуатационной работой и безопасностью на транспорте» Института управления и цифровых технологий Российского университета транспорта (ИУЦТ РУТ (МИИТ)). Область научных интересов: организация вагонопотоков, увеличение провозной способности линий.

выполняется после роспуска трех составов. Технологический график работы горки [1] представлен на рис. 1, показатели работы в табл. 1.

Загрузка горки при разном числе разборочных поездов показана на рис. 2.

В статье рассмотрено увеличение числа разборочных поездов на 30% (до 46 поездов в сутки) с числом вагонов, запрещенных к спуску с горки (вагонов ЗСГ) 10, 20 и 30% от общего числа вагонов в составе поезда. С планируемыми объемами переработки, работа горки будет неэффективна. Поэтому требуется определить такие мероприятия, которые позволят нарастить перерабатывающую способность горки. В технологическом процессе станции Московка [1–3] используются следующие методы:

- распределение маневровой работы между горкой и вытяжками;
- привлечение дополнительных маневровых локомотивов;
- параллельный надвиг и роспуск составов;
- использование неспециализированных сортировочных путей для роспуска отдельных групп вагонов;
- роспуск составов с переменной скоростью.

Для увеличения перерабатывающей способности горки предлагается увеличить количество горочных локомотивов до трех. Два из них будут осуществлять последовательный роспуск, а третий производить осаживание после каждого роспуска. Технологический график работы сортировочной горки при работе трех локомотивов показан на рис. 3, показатели работы горки даны в табл. 2. График загрузки горки приведен на рис. 4.

Перерабатывающая способность повышается, но этого недостаточно для освоения предполагаемых объемов.

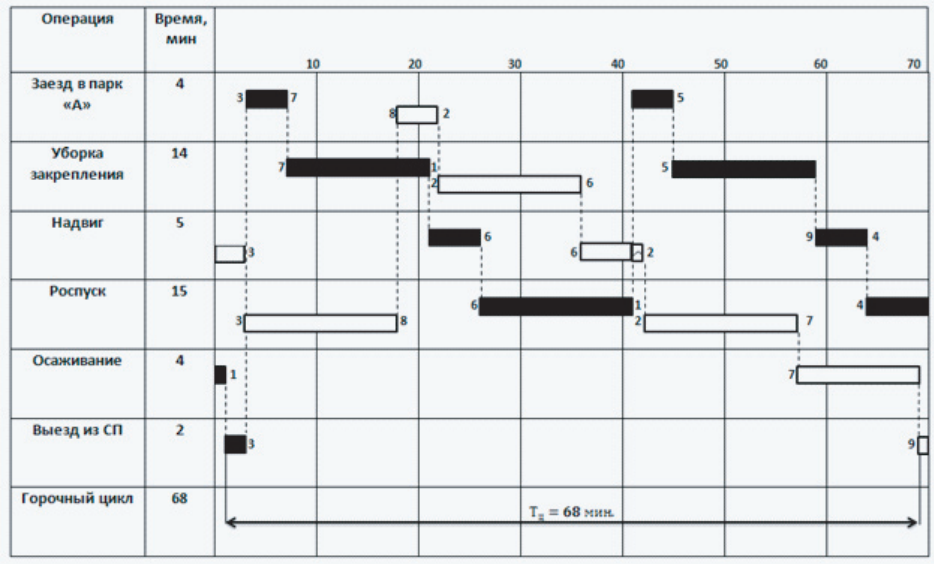


Рис. 1. Технологический график работы сортировочной горки при работе двух горочных локомотивов

Таблица 1

Показатели работы горки

Показатели работы	Доля составов с вагонами ЗСГ, %
	10
Горочный цикл – $T_ц$, мин	68
Интервал – $t_и^г$, мин	25,5
Интервал, с учетом перерывов в работе горки – $t_г$, мин	26,8
Темп горки – $N_ч$,поездов /ч	2,35
Перерабатывающая способность в вагонах часовая – $n_ч$, ваг/ч	147
Перерабатывающая способность в вагонах суточная – $n_с$, ваг/ч	2995

Параллельный роспуск применяется с целью резкого увеличения перерабатывающей способности горки. Но для реализации необходимо несколько условий. Во-первых, горка должна быть оборудована двумя путями надвига и спуска с различным управлением роспуска составов на каждом из горочных путей. Во-вторых, сортировочный парк разделяется на две части, каждая из которых специализируется для вагонопотоков одного направления. В каждой половине сортировочного парка выделяется по одному отсевному пути, предназначенному для угловых вагонопотоков.

Предлагается следующая технология работы – три горочных локомотива осуществляют частично-параллельный роспуск. Причем два локомотива параллельно надвигают и роспускают составы, а третий выполняет осаживание после трех распущенных составов поочередно в половинах сортировочного парка. Технологический график работы сортировочной горки при работе трех горочных локомотивов и параллельном роспуске показан на рис. 5, показатели работы горки даны в табл. 3. График загрузки горки приведен на рис. 6.

Применение параллельного роспуска с использованием трех локомотивов будет оптимальным решением при увеличении объемов работ на технических станциях «Восточного Полигона». Данный комплекс мер приведет к росту перерабатывающей способности горки, как это следует из рис. 2 и 6 в среднем на 13%.

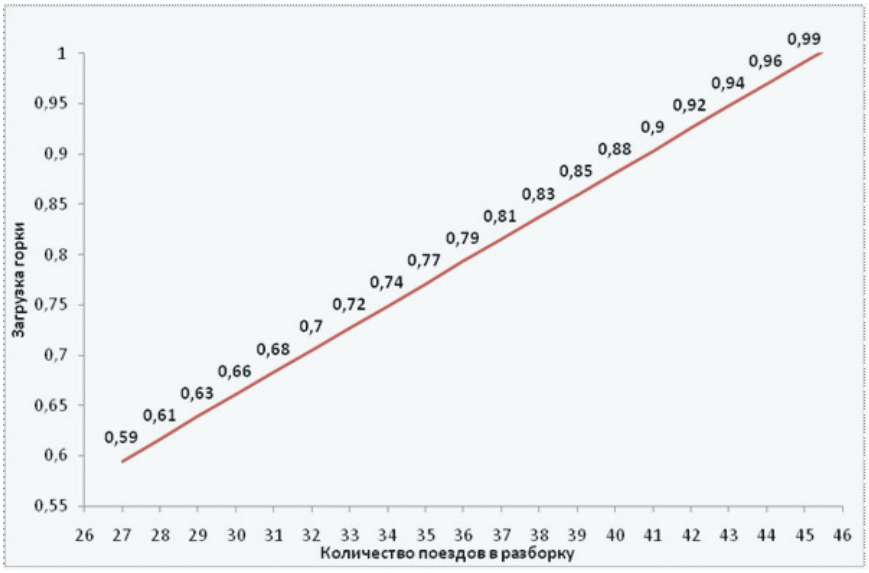


Рис. 2. Загрузка горки при работе двух горочных локомотивов

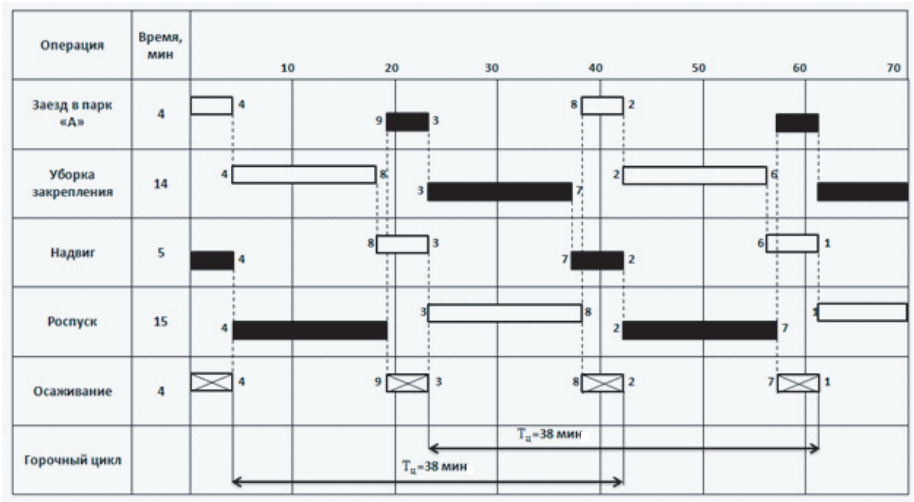


Рис. 3. Технологический график работы сортировочной горки при работе трех горочных локомотивов

Таблица 2

Показатели работы горки с использованием трех горочных локомотивов

Показатели работы	Доля составов с вагонами ЗСГ, %		
	10	20	30
Горочный цикл – $T_ц$, мин	38		
Интервал – $t_{ги}$, мин	21,87	24,72	27,56
Интервал, с учетом перерывов в работе горки – $t_г$, мин	22,99	25,99	28,98
Темп горки – $N_ч$,поездов /ч	2,74	2,42	2,17
Перерабатывающая способность в вагонах часовая – $n_ч$, ваг/ч	172	152	136
Перерабатывающая способность в вагонах суточная – $n_с$, ваг/ч	3492	3082	2770

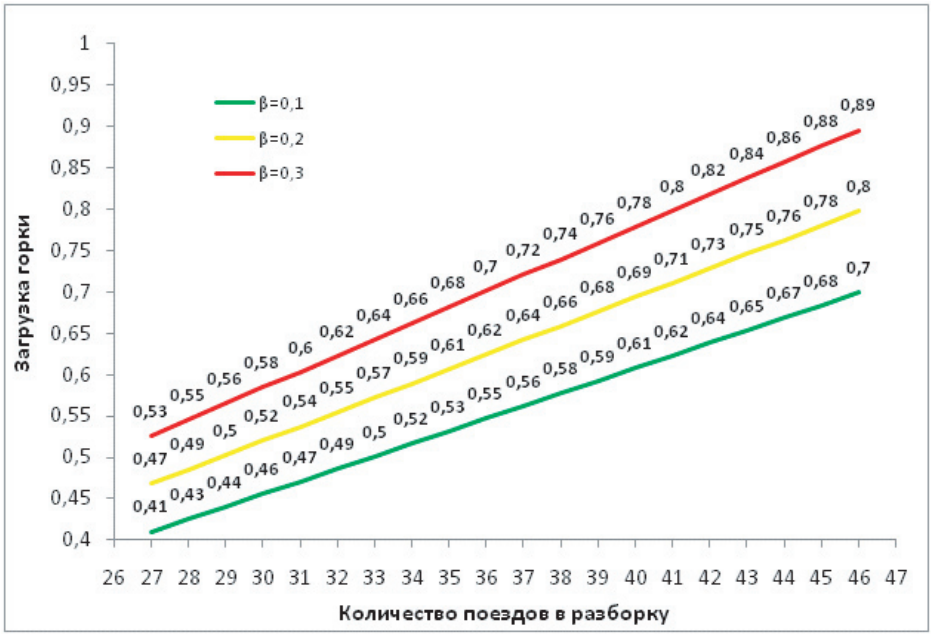


Рис. 4. Загрузка горки при работе трех горочных локомотивов

Таблица 3

Показатели работы горки при выполнении параллельного роспуска

Показатели работы	Доля составов с вагонами ЗСГ, %		
	10	20	30
Горочный цикл – $T_ц$, мин	52		
Интервал – $t_{ги}$, мин	17,59	20,07	22,54
Интервал, с учетом перерывов в работе горки – $t_г$, мин	18,48	21,09	23,69
Темп горки – $N_ч$,поездов /ч	3,41	2,98	2,66
Перерабатывающая способность в вагонах часовая – $n_ч$, ваг/ч	214	187	167
Перерабатывающая способность в вагонах суточная – $n_с$, ваг/ч	4342	3806	3389

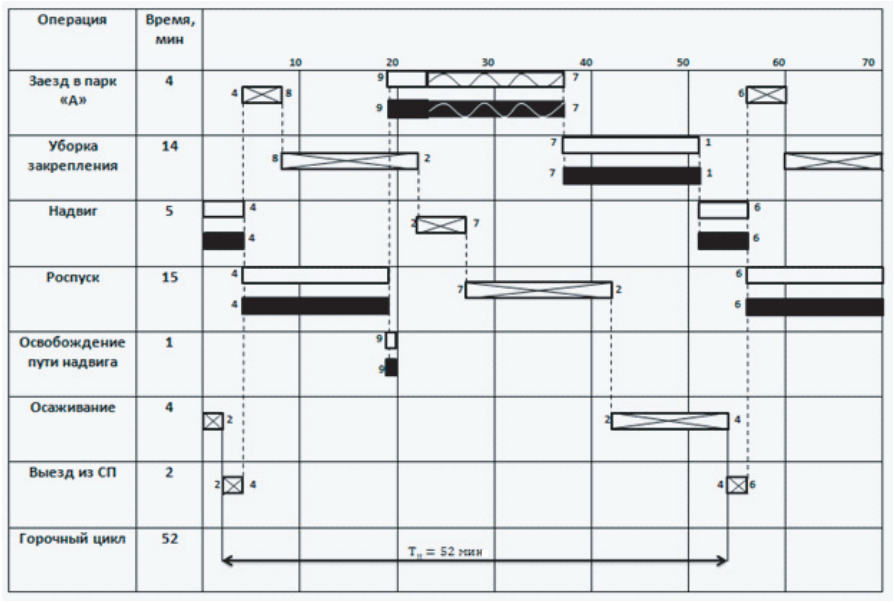


Рис. 5. Технологический график работы горки при работе трех горочных локомотивов и параллельном роспуске

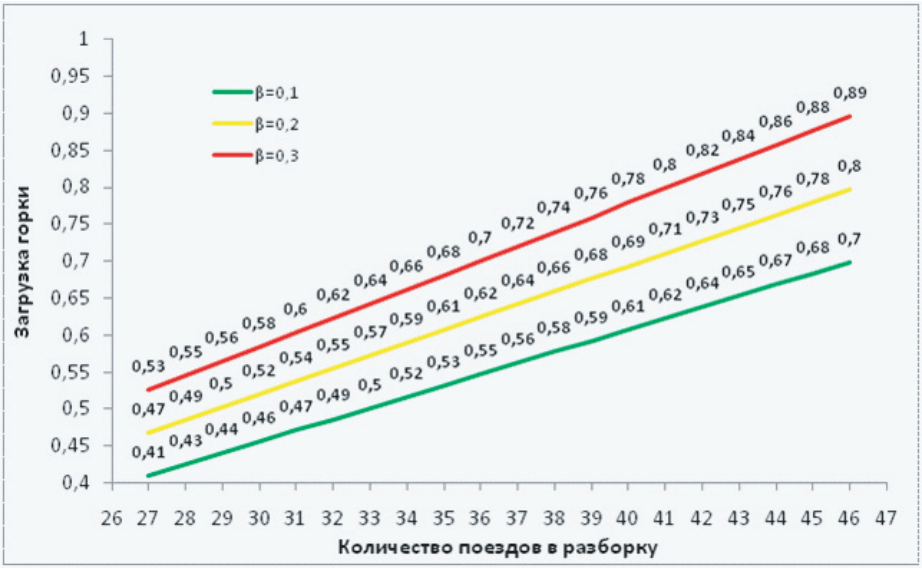


Рис. 6. Загрузка горки при выполнении параллельного роспуска

Литература

1. Технологический процесс работы сортировочной станции Московка Западно-Сибирской железной дороги – филиала ОАО «РЖД». 14.10.2016 г. –103 с.- Текст: непосредственный.

2. Технико-распорядительный акт железнодорожной станции Московка Западно-Сибирской железной дороги – филиала ОАО «РЖД». 25.04.2015 г. –132 с. –Текст: непосредственный.

3. Шенфельд, К.П. Развитие методов управления перевозочным процессом на железнодорожном транспорте / К.П. Шенфельд, Е.А. Сотников. –Текст: непосредственный // Труды ОАО «ВНИИЖТ». –Москва: Научный мир, 2015. –200 с.

4. Расчет пропускной способности железных дорог / Н.А. Воробьев, Е.В. Архангельский, Р.И. Мирошниченко [и др.]. –2-е изд., перераб. и доп. –Москва: Транспорт, 1977. –310 с. –Текст: непосредственный.

5. Сотников, Е.А. Интенсификация сортировочных станций / Е.А. Сотников. –Москва: Транспорт, 1979. –239 с. –Текст: непосредственный.

6. Инструкция по расчету наличной пропускной способности железных дорог, утвержденная первым вице-президентом ОАО «РЖД» В.Н. Морозовым 10 ноября 2010 г. №128. –289 с. –Текст: непосредственный.

7. Типовой технологический процесс работы сортировочной станции ОАО «РЖД», утвержден Распоряжение ОАО «РЖД» от 11 декабря 2014 г. №2927р , 373 с. –Текст: непосредственный.

8. Повышение надежности инфраструктуры сортировочных горок. –Текст: непосредственный // Железные дороги мира. –2016. –№2. –С. 66–69.

9. Коваленко, Н.А. Метод определения удерживающей способности заграждающих средств, обеспечивающих безопасность процесса расформирования составов /Н.А .Коваленко, А.А. Бородин. –Текст: непосредственный // Наука и техника транспорта. –2020. –№2. –С. 48–55.

10. Потери от запрета на роспуск вагонов для перевозки сжиженных углеводородных газов / А.В. Саврухин, Н.А. Коваленко, Р.А. Ефимов, В.А. Саврухин. –Текст: непосредственный // Железнодорожный транспорт. –2020. –№3. –С. 22–25.

11. Kovalenko N., Borodin A. (2020) Ensuring the safety of breaking up of freight trains, E3S Web of Conferences 164,03010.

12. Распоряжение ОАО «РЖД» от 20 апреля 2017 г. №758р «Об утверждении Инструкции по обеспечению роспуска составов и маневровых передвижений на механизированных и автоматизированных сортировочных горках при производстве работ по техническому обслуживанию и ремонту горочных устройств».

13. Распоряжение ОАО «РЖД» от 14 сентября 2017 г. №1871р «Об утверждении «Порядка определения возможности производства роспуска и перестановки вагонов через горб сортировочной горки при отсутствии проектной документации».

14. Роспуск вагонов с опасными грузами на сортировочных горках /А.Н. Шабельников, А.В. Саврухин, В.А. Кобзев, В.Н. Соколов. –Текст: непосредственный // Автоматика, связь, информатика, 2016. –№7. –С. 9–12.

15. Коваленко, Н.А. Зависимость перерабатывающей способности сортировочных горок от наличия в составе вагонов, запрещенных к спуску без локомотива / Н.А. Коваленко, О.А. Олейник. –Текст: непосредственный // Вестник ВНИИЖТ, 1984. –№8. –С. 5–8.

16. Акулиничев, В.М. Влияние вагонов, запрещенных к роспуску с горки, на расчетные нормативы плана формирования / В.М. Акулиничев, Н.А. Коваленко. –Текст: непосредственный // Вестник ВНИИЖТ. –1986. –№5. –С. 1–5.

17. Островский, А.М. Пропуск вагонов с опасными грузами через сортировочные горки / А.М. Островский, А.М. Лисютин. –Текст: непосредственный // Научный мир. –2012. –Т.2, №1. –С. 38–41.

18. Коваленко, Н.А. Разработка методов расчёта величины «барьерных групп» вагонов для установки перед роспуском на свободных путях сортировочных парков и норм их закрепления/ Н.А.Коваленко, А.А.Бородин, Р.А. Ефимов. –Текст: непосредственный // Труды XVIII Всероссийской научно-практической конференции «Безопасность движения поездов», 2017. –VIII-9.

19. Бородина, Е.В. Программирование и модификация расчетов оптимального режима / Е.В. Бородина, В. Патрас. –Текст: непосредственный // Мир транспорта. –2010. –Т.8, №1(29). –С. 116–121.

20. Бородина, Е.В. Ресурсы сортировочной работы/ Е.В. Бородина, Ф.Н. Сапежинский. –Текст: непосредственный // Мир транспорта. –2010. –№5 (33). –С. 108–111.

21. Бородина, Е.В. Резервы сортировочных станций крупных железнодорожных узлов. Экспресс-информация ЦНИИТЭИ МПС/ Е.В. Бородина // Организация движения и пассажирские перевозки. Вып. №1. –Москва, 1993. –12 с.

22. Статья Scopus THE TASK OF ORGANIZING SUBURBAN AND URBAN TRAFFIC ON SECTIONS WITH BRANCHES. Shmal V.N., Minakov P.A., Aisina L.R. В сборнике: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. XIII International Scientific Conference Architecture and Construction 2020. BRISTOL, 2020. С. 012085.

СТАНДАРТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ФОРМИРОВАНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ БЕЗЭКИПАЖНЫХ СУДОВ НА РАЗНЫХ ЭТАПАХ

А.А. Головина

В.В. Заслонов

Рассмотрены проблемы формирования и развития безэкипажного судоходства как перспективного направления. Описаны методы, которые возможно адаптировать в систему создания комплекса и, как следствие, добиться максимально эффективного результата с открытыми инженерными данными для качественного процесса в рамках формирования и эксплуатации. Указана ключевая роль правового обеспечения процессов и необходимость его развития и адаптации.

Ключевые слова: безэкипажные суда, беспилотные необитаемые аппараты, стандартизация процесса, инженерные методы

DOI: 10.53883/20749325_2021_04_36

Одним из приоритетных направлений развития морского технологического комплекса в современной России является создание и последующее внедрение беспилотных необитаемых аппаратов (БНА). К подобным транспортным единицам необходимо относить, в том числе, безэкипажные суда (БЭС), которые с учетом уровня автономности смогут минимизировать человеческий фактор при осуществлении работ разного вида деятельности, в частности, связанных с условиями, опасными для здоровья и жизни человека. Важно отметить возрастающую в настоящее время роль беспилотных аппаратов в морской отрасли, что объясняется их успешным внедрением для выполнения сложных технологических процессов и операций, таких как лоцманская проводка, перевозка грузов, швартовка, мониторинг морских глубин, ликвидация последствий экологических катастроф.

Каждая стадия проектирования, создания и эксплуатации БЭС (БНА), являющегося сложной технической единицей, для целей повышения его эффективности, безопасности и конкурентоспособности должна отвечать ряду определенных требований, которые в свою очередь должны определяться его назначением, задачами и уровнем автоматизации. Данные аппараты должны обеспечивать автоматическое движение по любым местностям, осуществлять необходимое маневрирование, обработку бортовой и иной информации, при этом выполнение заданных действий и задач непосредственно зависит от картографической базы знаний, системы обработки внешней среды, систем навигации, нечеткой системы управления и подсистем анализа обстановки.

Проведенный анализ отечественных и зарубежных источников по БЭС (БНА) показал, что в настоящее

Головина Анастасия Алексеевна, старший преподаватель кафедры «Публичное право», старший преподаватель кафедры «Морское право», старший преподаватель кафедры «Теория и история государства и права», преподаватель Транспортного колледжа, руководитель юридической клиники Государственного морского университета имени адмирала Ф.Ф. Ушакова. Область научных интересов: изучение, формирование, эксплуатация, развитие концепции безэкипажных судов (беспилотных необитаемых аппаратов). Автор 24 научных работ.

Заслонов Владимир Валерьевич, помощник шкипера полигона морской подготовки, младший научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории «Автоматизация судовождения», старший преподаватель кафедры «Высшая математика и физика», преподаватель дополнительного образования и руководитель образовательной лаборатории Морского технического лицея Государственного морского университета имени адмирала Ф.Ф. Ушакова. Область научных интересов: изучение, формирование, эксплуатация, развитие концепции безэкипажных судов (беспилотных необитаемых аппаратов). Автор 12 научных работ.

время отсутствует системный подход к правовому регулированию процессов разработки и применения беспилотной техники в гражданской сфере. Это в свою очередь привело к хаотичному появлению большого количества разных видов комплексов функционального назначения.

Процесс создания и эксплуатации БЭС (БНА) в целом регламентирован соответствующими государственными стандартами, которые определяют жизненный цикл, этапы и различные программные средства, обобщают опыт и результат исследований разных специалистов и рекомендуют эффективные процессы и методы создания и развития программ, а также устанавливают правила описания информации, методы и разные способы выполнения операций, правила контроля различных технологический процессов и т.д.

Однако в настоящее время в области отечественной стандартизации проектирования, построения, внедрения и работы БЭС (БНА) сложилась проблемная ситуация: существующие государственные стандарты либо устарели и не могут обеспечить осуществление соответствующих процессов методами и способами, отвечающими требованиям современных реалий, либо вовсе не содержат необходимых предписаний.

Проанализировав действующее законодательство Российской Федерации в области стандартизации проектирования, создания и эксплуатации БЭС (БНА), можно выделить ряд нижеследующих проблемных вопросов, требующих изучения с целью последующего их разрешения. Рассмотрим эти аспекты более подробно.

Проблема №1. Устаревание действующих стандартов, не отвечающих требованиям современной действительности

Так, например, некоторые исследователи справедливо отмечают, что в Российской Федерации испытание и разработка разных автоматических систем и программного обеспечения, регламентированы ГОСТ 34.601–90, который является достаточно устаревшим. Следовательно, развитие разных средств для современных информационных сред в этих стандартах отражены недостаточно, а некоторые их положения и вовсе устарели и требуют изменений.

Зарубежные стандарты давно видоизменены под современное информационное течение, в котором динамично развиваются разные программные средства и автоматизированные системы. Однако основная проблема здесь заключается в том, что использование данных продуктов при создании и эксплуатации БЭС (БНА) в России не представляется возможным, так как отечественные стандарты не предусматривают использование зарубежных и отечественных систем в наших разработках (речь идет, например, о АСКОН Компас 3D, National instruments, АРМ WinMachine и т.д.).

Стремительный рост производственного ресурса, средств вычислительной техники позволяет осуществлять управление и планирование с учетом оптимальных аспектов и быстродействия в режиме реального времени, совершенствовать стандарты морского комплекса и его формирование в целом. Вместе с тем действующее отечественное законодательство в области стандартизации процессов, связанных с проектированием, созданием и последующей эксплуатацией БЭС (БНА) не видоизменяется вслед такому развитию технологий.

Выходом из сложившейся проблемной ситуации должен стать комплекс мер по разработке и последующему внедрению в отечественную систему государственных стандартов, отвечающих современным потребностям в рассматриваемой области.

Проблема № 2. Отсутствие стандартов алгоритма (этапности) формирования морского технологического комплекса БЭС (БНА), который предусматривал бы различные нюансы на отдельных этапах формирования и последующей эксплуатации

Развитие информационных способов оказало влияние на этапы формирования изделий и проектирование в целом. Внедрение виртуальных моделей вместо физических повлияло на связь на парадигму проектирования и сократило период итерации проектирования. Одной из главных характеристик применения виртуальных методов проектирования является возможность облачного взаимодействия лиц причастных к разным этапам реализации проекта – проектирование, диагностика, эксперименты, утверждение и др. Таким образом, появляется возможность беспроблемного и без каких-либо потерь осуществлять проектирование и параллельное взаимодействие (рис. 1).

Описанный способ представляет собой многофакторную систему с характерными фазами. Многофакторная система подразумевает использование отдельных программных средств для реализации:

- предварительной обработки – построение дерева проекта (топология), разделение на компоненты (параметры);
- решения – вычислительная фаза проекта с использованием математических моделей проектируемой системы;

• постобработки – визуализация, анализ.

В рамках предварительной обработки процесса моделирования, требуется максимально большее количество участия человека. Таким образом, данная фаза может содержать в себе наибольшее количество ошибок, в виду человеческого фактора, а так же является наиболее трудоемкой частью. Поэтому предварительная обработка является отправной фазой процесса моделирования.

Схема, представленная на рис. 2, описывает применение моделирования в рамках процесса формирования комплекса. Часто процесс начинается с решения определенных задач некоторых деталей продукта. Таким образом, моделирование предстает как специальный инструмент в разработке изделия (продукта), на который влияют иные факторы (этапы).

Последующим этапом идет создание виртуальных прототипов, которые включают в себя системы изделия (продукта) и имитацию функционала. Таким образом, данная фаза повышает требования технологии моделирования.

Третьим этапом следует использование моделирования для выявления требований к процессу. Таким образом, проектирование и моделирование начинают управлять процессом.

В завершении – использование моделирования с целью прогнозирования жизненного цикла проекта, а также технические факторы, включая экономические и экологические аспекты.

Поэтому взаимодействие из-за такого сложного процесса между вычислительными инструментами осложнено и по данной причине не следует пренебрегать многофакторной системой на этапах разработки продукта. Вместе с тем, по причине увеличения рынка вычислительных ресурсов необходимо развивать использование разного рода моделирования, в частности, в рамках многофакторной системы

Рис. 3 демонстрирует изменение связи инженерных программных ресурсов в рамках этапов анализа (рис. 3,а) для внедрения средств анализа (рис. 3,б и 3,в). Виртуальные ресурсы моделирования многофакторных систем функционируют по автономному принципу, поэтому связь с другими инженерными и прочими инструментами будет осложнена. На практике связь между многофакторной системой программной базы решается с помощью использования обмена данными, в рамках которых эксплуатируется несколько форматов для обмена, а также инструментами преобразования данных. Описанный способ взаимодействия программного ресурса продемонстрирован на рис. 3,а.

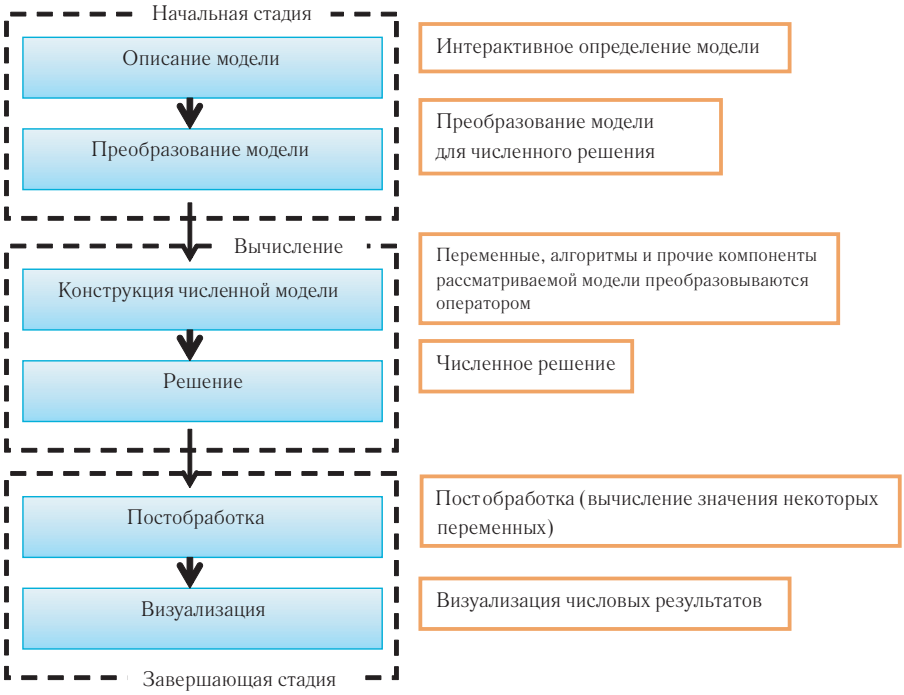


Рис. 1. Типовые фазы процесса в рамках концепции многофакторной системы

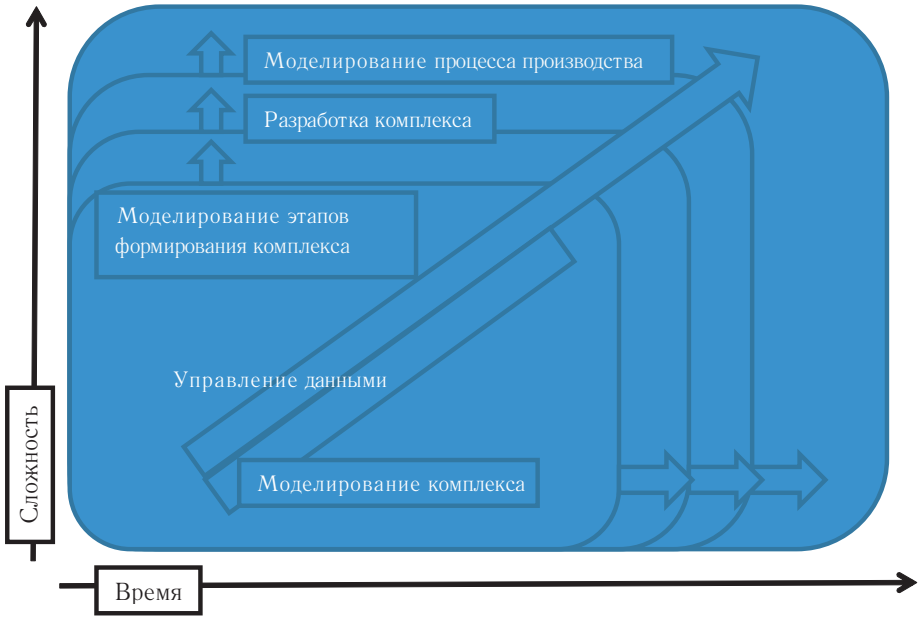


Рис. 2. Этапы внедрения моделирования в процессе реализации проекта – повышение значения управления данными

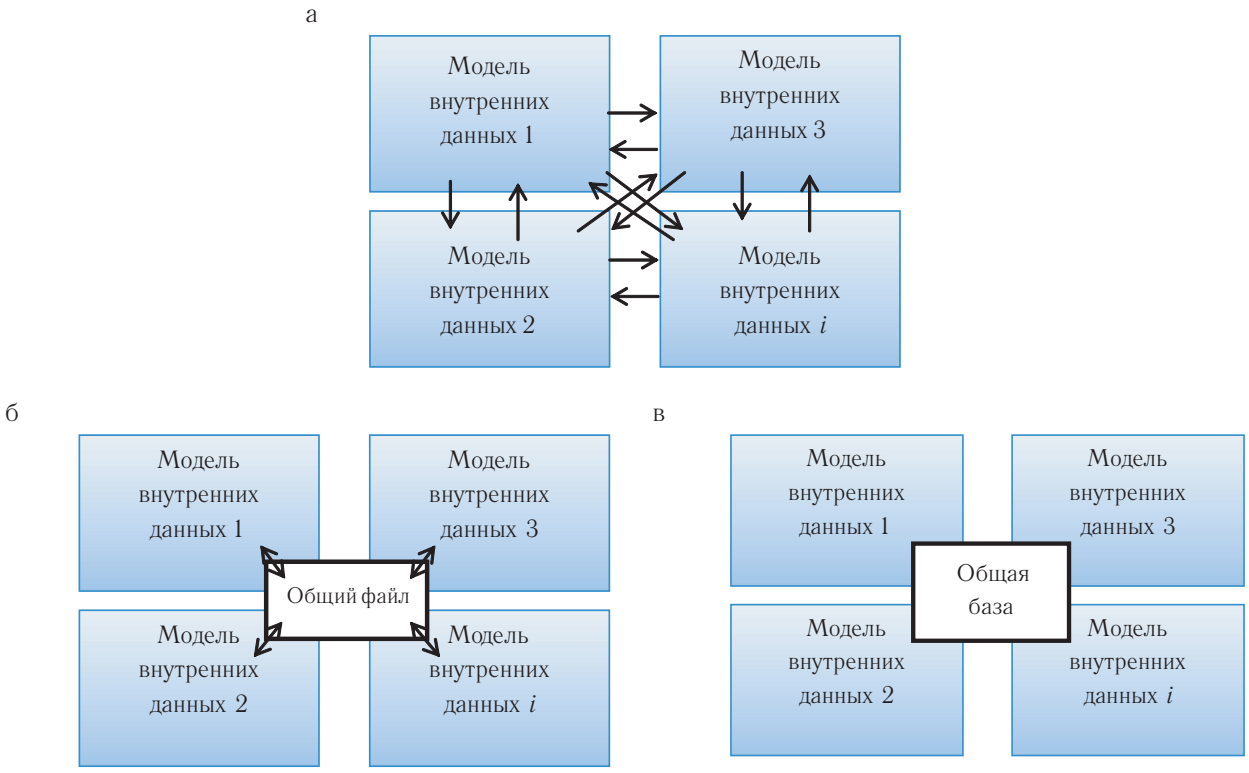


Рис. 3. Изменение коммуникации между инженерными ресурсами и иными средствами: а–независимые ресурсы с конкретными форматами; б–файл, созданный с помощью единого формата данных; в–общий непрерывный обмен данными

Коммуникационные барьеры между вычислительными инструментами в данном случае могут быть устранены с помощью стандартизации и открытых форматов обмена.

Таким образом, решение существующей проблемы совершенствования этапности формирования изделия состоит во внедрении в алгоритм соответствующих требований, что упорядочит процесс развития морского технологического комплекса.

Кроме того в рамках изучения вышеописанной проблемы авторами также были выявлены следующие недостатки действующих государственных стандартов в рассматриваемой сфере:

- отсутствие закрепления в действующих стандартах численного метода для формирования этапов создания БЭС (БНА) и их последующей эксплуатации (см. выше);
- отсутствие требования применения виртуальных моделей для проведения экспериментов (см. выше);
- отсутствие стандарта, требования которого определяли бы критерии надежности, как одного из обязательных качеств морских технологических комплексов.

Для рассмотрения данного проблемного вопроса целесообразно обратиться к содержанию определения надежности как важного системного элемента жизненного цикла морского технологического комплекса.

Надежность в Российской Федерации определяется ГОСТ 27.002-2015. В соответствии с указанным стандартом под надежностью понимают свойство объекта сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, ремонтов, хранения и транспортировки.

Очевидно, что недостаточная надежность как всего процесса работы с БЭС (БНА), так и отдельных его этапов приводит к увеличению количества незапланированных отказов устройств и их составных частей, уменьшает фактический годовой фонд рабочего времени и т.д. Исходя из этого, можно сделать вывод о том, что надежность является фундаментальным фактором на всех этапах формирования и эксплуатации изделия.

В диссертационном исследовании «Semantic data model for multibody system modelling», описывается система проектирования с нулевой ошибкой, относящаяся к классу систем многофакторного компьютерного моделирования и синтеза технических систем. Использование вычислительных инструментов для разработки изделий стало стандартным подходом в производстве и затруднительно без автоматизированных систем проектирования (САПР), анализов и моделирования системы.

Надежность комплекса должна нормироваться по следующим критериям – безотказность, долговечность, ремонтопригодность и сохраняемость (рис. 4 – на примере исследования «Semantic data model for multibody system modelling»).

Исходя из проведенного анализа вопроса надежности в разных областях, способов ее достижения, а также формирования обобщенных определений безотказности, долговечности и ремонтопригодно-

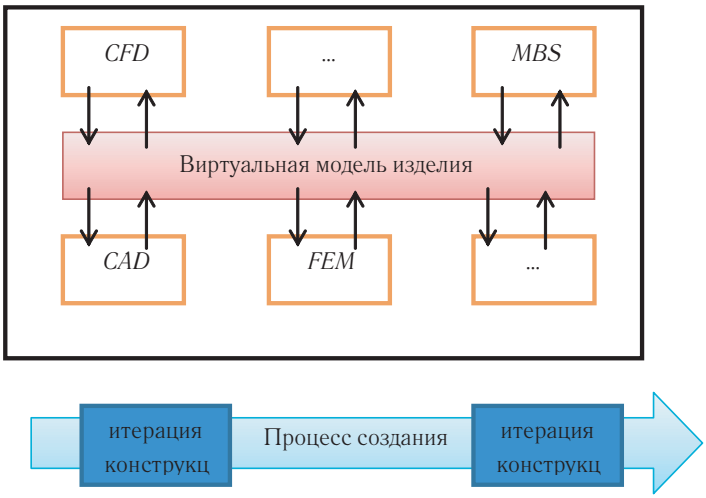


Рис. 4. Схема использования вычислительных инструментов

сти, можно сделать вывод, что под надежностью для морского технологического комплекса (беспилотного аппарата) следует понимать оптимизацию факторов с помощью математических методов, которые являются основой для этапов формирования изделия, а также в процессе его эксплуатации с учетом современных тенденций в развитии.

Здесь важно отметить, что на данный момент в России не существует стандарта, требования которого определяли бы критерии надежности, как одного из обязательных качеств рассматриваемых морских технологических комплексов на разных этапах формирования и эксплуатации с использованием математических, программных и прочих ресурсов, как, например, в США. Существующие стандарты по созданию и эксплуатации изделий носят лишь общий характер и не регламентируют все этапы существования продукта и, следовательно, не решают множество проблем, с которыми сталкиваются производители и потребители БНА. Решением данной проблемы, как и в предыдущих случаях, должно стать закрепление в государственных стандартах соответствующих критериев надежности.

Проблема 3. Отсутствие четкой классификации БНА и их видовых критериев

Для разъяснения содержания данного вопроса целесообразно обратиться к проблеме, с которой столкнулись сотрудники ГМУ имени адмирала Ф.Ф. Ушакова при регистрации экраноплана «Иволга» в Российском морском регистре судоходства в связи с отсутствием стандартов, которые определяли бы критерии относимости данного технологического комплекса к конкретному типу транспортных средств. В результате указанный экраноплан был отнесен к морским судам, что потенциально может послужить причиной возникновения проблем юридического характера при его эксплуатации. Аналогичные пробелы существуют и в области правового регулирования процессов создания и последующей работы БЭС (БНА): действующие стандарты не содержат ни классификации беспилотных аппаратов, ни, соответственно, критериев их относимости к тому или иному виду.

Подводя итог всему вышесказанному необходимо отметить бесспорную важность реализации комплекса мер по приведению в соответствие с существующими практическими потребностями действующей базы стандартов в сфере создания и эксплуатации БЭС (БНА). Такие изменения позволят оптимизировать процесс формирования и эксплуатации БЭС (БНА) на всех этапах, используя современные методы для экспериментов, диагностики и расчётов, а также применяя численные методы, что должно положительно отразиться на экономической составляющей всего процесса.

Литература

1. Головина, А.А. Проблемные аспекты правового регулирования отношений в области безэкипажного судоходства / А.А. Головина, В.В. Заслонов. –Текст: непосредственный // Научно-технические, экономические и правовые аспекты развития транспортного комплекса: материалы 3-й национальной научно-практической конференции 14–15 ноября 2019 года. В 2 ч. Ч1. –Новороссийск: РИО ГМУ имени адмирала Ф. Ф. Ушакова, 2019. –С. 9–10.

2. Заслонов, В.В.Технологии и перспективы развития без экипажного судоходства / В.В. Заслонов, А.А. Головина, А.Н. Попов. –Текст: непосредственный // Научно-технические, экономические и правовые аспекты развития транспортного комплекса: материалы 3-й национальной научно-практической конференции 14–15 ноября 2019 года. В 2 ч. Ч1. –Новороссийск: РИО ГМУ имени адмирала Ф.Ф. Ушакова, 2019.

3. Vladimir V. Zaslonov, Anastasiya A. Golovina, and Anatolii N. Popov. Creating a Crewless Ship in the Framework of the Technological Paradigm of the Russian Federation / Industry Competitiveness: Digitalization, Management, and Integration. Volume 1 (115).2020. P. 468–474.

4. Заслонов, В.В. Требования по обеспечению живучести и общей работоспособности морских технологических комплексов / В.В. Заслонов, Н.А. Кравченко, С.С. Ходжаев. –Текст: непосредственный // Технические науки в России и за рубежом: материалы VII Международной научной конференции. –Москва, ноябрь 2017 г. –Москва: Буки-Веди, 2017. –С. 86–89.

5. Заслонов В.В., Кравченко Н.А., Ходжаев С.С. Технические требования к морскому технологическому комплексу и его составным частям. / В.В. Заслонов, Н.А. Кравченко, С.С. Ходжаев. –Текст: непосредственный // Техника. Технологии. Инженерия. 2017. –Вып. 4(6). –С. 36–46.

6. Заслонов В.В. Анализ и характеристика беспилотных морских аппаратов / В.В. Заслонов. –Текст: непосредственный // Вестник Государственного морского университета имени адмирала Ф.Ф. Ушакова. –2017. –Вып. 1(18). –С. 24–28.

7. Заслонов В.В. Вывод понятия надежности для этапов эксплуатации и формирования морского технологического комплекса (на примере беспилотного необитаемого аппарата) / В.В.Заслонов. –Текст: непосредственный // Технологическое развитие современной науки: тенденции, проблемы и перспективы: материалы Международной научно-практической конференции., Волгоград, 11 февраля 2018 г. –Уфа: ОМЕГА САЙНС, 2018. –С. 11–14.

8. Заслонов В.В. Системы автоматизации и управления объектами, технологиями, процессами / В.В. Заслонов. –Текст: непосредственный // Новое поколение в науке – 2017: материалы научно-практической конференции. –Новороссийск, 17 марта 2017 г. Новороссийск: РИО ГМУ имени адмирала Ф.Ф. Ушакова, 2017. –С.104.

9. Заслонов, В.В. Численные методы в формировании и эксплуатации морских технологических комплексов / В.В. Заслонов, Н.А. Кравченко, Ю.Ю. Метревели. –Текст: непосредственный // Эксплуатация морского транспорта. –2017. –Вып. 4(85). –С. 40–44.

10. Заслонов, В.В. Проблема применения математического моделирования в создании морских технологических комплексов (на примере БНА)/ В.В. Заслонов, Н.В. Кравченко. –Текст: непосредственный // Молодой ученый. –2016. –Вып. 7(111). –С. 88–90.

11. ГОСТ РВ 27. 1.02-2005.Надежность военной техники. Программа обеспечения надежности. Общие требования: государственный военный стандарт Российской Федерации: Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии :введен впервые. –Москва: Стандартинформ, 2005. –III, 14 с.

12. ГОСТ 27.002-2015. Надежность в технике.Термины и определения = Dependability in technics. Terms and definitions: межгосударственный стандарт: издание официальное: взамен ГОСТ 27.002-89: утвержден и введен в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 21 июня №654 –ст.: дата введения 2017-03-01/ разработан Обществом с ограниченной ответственностью «Институт надежности машин и технологий» (ООО ИНМиТ). –Москва: Стандартинформ. –23 с.

13. ГОСТ РВ 15.203-2001. Военная техника. Порядок выполнения опытно-конструкторских работ по созданию изделий и их составных частей. Основные положения: государственный военный стандарт Российской Федерации : издание официальное: взамен ГОСТ В 15.203-79, ГОСТ В 15.204-79: введен 2003-01-01/ Всерос. научно-исследоват. ин-т стандартизации Госстандарта России. –Переизд.,окт.2013 г. с Изм.№1,принятым 14 нояб.2011 г. –М.: Стандартинформ, 2014. –III, 112 с.

14. Государственный акт США «Всесторонний обзор состояния и перспектив развития ВС США» (Quadrennial Defense Review, 2010).

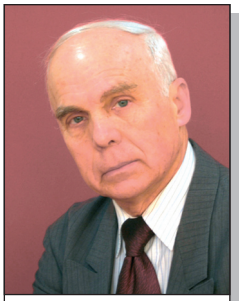
15. Государственный акт США «Морская мощь 21» (Sea Power 21,2002).

16. Juha Kortelainen. Semantic Data Model for Multibody System Modelling [Semanttinen tietomalli monikappaledynamiikan mallitiedon hallinnassa]. Espoo 2011. VTT Publications 766. 119 p.

17. Senchenko V., Lopatina V., Studenikin D., Butsanets A. (2021) Technical Automation Tools for High-Precision Navigating of Sea and River Ships. In: Mottaeva A. (eds) Proceedings of the XIII International Scientific Conference on Architecture and Construction 2020. Lecture Notes in Civil Engineering, vol 130. Springer, Singapore. 157–163 p.

РАЗВИТИЕ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКИХ УСЛУГ НА ПРИПОРТОВЫХ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГАХ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ОТРАСЛИ

Э.А. Мамаев



В.Н. Зубков

В статье на примере Северо-Кавказской железной дороги раскрываются задачи диверсификации транспортных услуг в области диспетчеризации и организации перевозочного процесса с учетом разработки Единого каталога услуг и цифровой трансформации железнодорожной отрасли.

Ключевые слова: железнодорожный транспорт, транспортные услуги, цифровизация, электронный каталог услуг, эффективность

DOI: 10.53883/20749325_2021_04_43

Усиление конкуренции между видами транспорта, необходимость учета возросших требований клиентов по своевременности, качеству предоставляемых услуг, формирование цифровых форматов деятельности транспортных компаний требует развития клиентоориентированного адаптивного управления перевозками на железнодорожном транспорте на основе применения информационных технологий, направленных на удовлетворение требований клиентов по оптимизации маршрутов, увеличению скорости транспортировки, изменению сроков доставки грузов и других параметров. Стратегией научно-технического развития холдинга ОАО «РЖД» до 2025 года и на перспективу до 2030 года предусмотрена реализация проекта «Цифровая железная дорога» и интенсификация развития транспортно-логистических услуг, что повышает актуальность проводимых исследований в области цифровизации железнодорожной отрасли [1–3]. Важную роль в решении этих задач занимает создание Единого каталога услуг (ЕКУ) в области грузовых перевозок [4], обсуждение которого состоялось на Объединенном ученом совете ОАО «РЖД» (ОУС), прошедшем 28.01.2021 г. В ходе ОУС ОАО «РЖД» были рассмотрены не только техническая сторона создания Автоматизированного ресурса ведения ЕКУ, но и направления развития новых услуг для припор-

Мамаев Энвер Агапашаевич, доктор технических наук, профессор кафедры «Логистика и управление транспортными системами» Ростовского государственного университета путей сообщения (РГУПС). Область научных интересов: исследование закономерностей и факторов комплексного развития материально-технической базы магистрального, городского и пригородного транспорта; направления повышения конкурентоспособности различных видов транспорта; транспортная логистика. Автор 215 научных работ, в том числе 10 монографий и 36 учебников и учебных пособий. Имеет два патента на изобретения.

Зубков Виктор Николаевич, доктор технических наук, профессор кафедры «Управление эксплуатационной работой» Ростовского государственного университета путей сообщения (РГУПС). Область научных интересов: развитие технологий организации перевозочного процесса на железнодорожном транспорте; организация местной работы на полигонах железных дорог, повышение эффективности перевозочного процесса на железнодорожных направлениях. Автор 366 научных работ, в том числе 10 монографий и 12 учебников и учебных пособий.

Чеботарева Евгения Андреевна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Управление эксплуатационной работой» Ростовского государственного университета путей сообщения (РГУПС). Область научных интересов: совершенствование существующих и разработка новых технических и технологических решений в организации управлении перевозочным процессом, в том числе движением поездов; организация и технология транспортного производства на полигонах припортовых железных дорог; управление транспортным производством при взаимодействии видов транспорта. Автор 75 научных работ, в том числе четырех монографий и 18 учебных пособий.

товых железных дорог, сектора контейнерных перевозок, развитие процессов оперирования подвижным составом.

Трансформация форм взаимоотношений клиентов и железных дорог сегодня требует встраивания новых информационных инструментов в транспортно-логистические технологии, такие как CRM-системы, системы управления клиентским портфелем и лояльностью клиентов и др. [5;6].

Традиционно взаимодействие грузоотправителей с железной дорогой на протяжении четверти века эффективно осуществляется через Систему фирменного транспортного обслуживания (СФТО). На подразделения СФТО возложены комплексные задачи транспортного обслуживания потребителей железнодорожного транспорта, связанные с обеспечением продажи услуг, с перевозкой грузов, по использованию инфраструктуры железнодорожного транспорта общего пользования (рис. 1).

К дополнительным задачам территориальных центров фирменного транспортного обслуживания (ТЦФТО) относятся маркетинговые исследования, проводимые на основе получаемой от агентов информации по анализу изменения грузовой базы, предпочтений клиентуры, формирования новых запросов товаропроизводителей.

Организация работы с клиентами – одна из сложнейших задач, возложенная на данные подразделения по разным направлениям: оформлению документации, ведению договорной работы и прочее. ТЦФТО на полигоне Северо-Кавказской железной дороги (СКЖД) заключаются договоры на услуги с использованием инфраструктуры, например, договор на оказание услуг по формированию технических маршрутов на путях общего пользования, договор перевозки грузовых/порожних вагонов по расписанию и др. Другими словами, формируется пакет услуг помимо базовой услуги железнодорожной перевозки, позволяющий генерировать дополнительный финансовый поток (рис. 2).

Развитие информационных технологий и цифровых сервисов позволяют повысить доступность потребителей к реализуемым услугам холдинга ОАО «РЖД» с развернутым представлением характеристик и условий реализации. Так, для клиентов ОАО «РЖД» система даст возможность получить полную информацию о более чем 300 услугах, предлагаемых холдингом ОАО «РЖД», в том числе в ней будут представлены предложения всех дочерних компаний. Примерно треть всех услуг электронного каталога ориентированы на оптимизацию использования грузового вагона – переадресовку, маршрутизацию, формирование грузовых экспрессов, работу шаттлов и т.д.

Важность создания Единого каталога услуг связана также с необходимостью систематизации и идентификации основных услуг, оказываемых холдингом в области грузовых перевозок в цифровом формате, а также с формированием комплексной транспортной услуги [7–10]. Данная система также станет полезным инструментом для ОАО «РЖД», позволяющим видеть поступающие от клиентов запросы, отслеживать динамику изменения спроса и подстраивать процессы под запросы клиентов (рис. 3).

При этом одним из главных критериев оценки уровня удовлетворенности потребностей клиентов является доступность ко всем видам услуг, возмож-

Рис. 1. Основные задачи подразделений системы фирменного транспортного обслуживания

Рис. 2. Услуги и договорная работа по организации грузовых железнодорожных перевозок

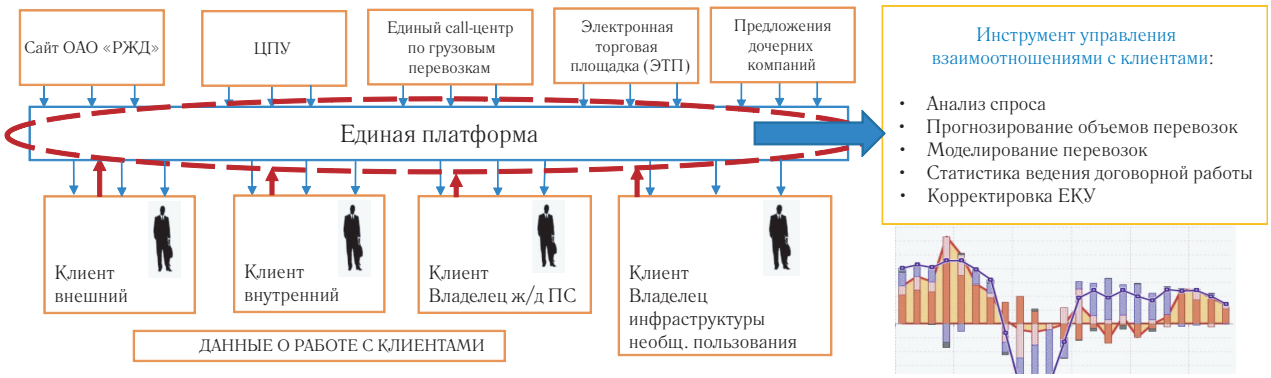


Рис. 3. Назначение и принципы построения Единого каталога услуг

ность их выбора и модернизации с учетом типологии и схем доставки. Для этого грузоотправителям необходимы простота взаимодействия с ОАО «РЖД» с точки зрения оформления и подачи заявок, получения информации о местонахождении грузов с учетом данных динамической модели загрузки инфраструктуры, доставка грузов по расписанию и др. С этих позиций разработка Единого каталога внешних и внутренних услуг холдинга «РЖД» предусматривает стандартизацию и каталогизацию услуг, создание системы оценки уровня удовлетворенности клиентов, расширение и оптимизацию «портфеля» предоставляемых услуг.

Применение цифровых технологий в направлении предоставления услуг сосредоточено на получении дополнительной выручки за счет: создания новых продуктов и решений для клиентов, привлечения клиентов из новых сегментов рынка, диверсификации услуг.

С учетом специфики работы железных дорог, перевозимых номенклатур грузов, которые требуют определенных транспортно-технологических схем доставки, имеется необходимость анализа рынка услуг в зависимости от их локации. Так, для припортовых железных дорог, кроме основных задач по переработке вагонопотока и обеспечения перевозок в местном сообщении, актуальны работы и услуги в реализации цикла экспортно-импортных перевозок. То есть клиенты, операторы вагонного парка заинтересованы в определенных услугах, сервисах и технологических решениях, несвойственных, например, для транзитных железных дорог [11].

Область таких дополнительных услуг связана с диспетчеризацией и организацией перевозочного процесса. На Юго-Западном полигоне сети и на СКЖД реализуется ряд услуг в этом направлении, такие как специализированные расписания, грузовые экспрессы, судовые партии и др. (рис. 4). В настоящее

время активно внедряются сервисы, позволяющие сократить срок доставки грузов, ускорить оборачиваемость вагонов, контейнеров [12–14]. К этой группе услуг относятся перевозки по специализированным расписаниям, в том числе контейнерных, наливных грузов, рудно-металлургических грузов, угля и других номенклатур. Так, в 2020 г. 10 предприятий, обслуживаемых СКЖД, осуществляли перевозки своей продукции, используя сервис «Перевозка по расписанию» на 18 направлениях. Например, совместно с ООО «Велес», ООО «Дальневосточная логистика» организованы перевозки с сокращенным сроком возврата порожних вагонов после выгрузки сырья (песка кварцевого) для завода Гардиан Стекло и Каспийского завода листового стекла (в направлениях Юбилейная – Красный Гуляй, Шамхал – Красный Гуляй). Предприятиями использовано 57 ниток графика. Дополнительная стоимость услуг перевозки составила 8,1 млн руб.

Для контейнерных операторов ПАО «ТрансКонтейнер», ООО «Модуль», ООО «Рускон», ООО «Ренус Интермодал Системс», ООО «Восход», ООО «ПортЭкспресс», ООО «Европак-Юг» реализованы сервисы перевозки контейнерных поездов по 11 новым специализированным расписаниям. Всего за 10 месяцев по твердым ниткам графика было отправлено 215 контейнерных поездов, получен дополнительный доход в размере 11,7 млн руб.

Еще одним актуальным транспортным сервисом ускоренной доставки является «Грузовой экспресс». В октябре 2020 г. на СКЖД был запущен новый сервис перевозки по схеме «Грузовой экспресс» на направлении Невинномысская – Белореченская – Невинномысская, что позволило переключить с автомобильного транспорта перевозки аммиака между заводами холдинга «Еврохим». В текущем году тиражирована новая версия «Грузового экспресса» – перевозка отдельных вагонов в прицепной части к контейнерному поезду. Услуга актуальна для клиентов малого и среднего бизнеса. Проблема развития данной услуги – это конкуренция со стороны автомобильного транспорта, предлагающего перевозку грузов по принципу «от двери до двери». Развитие данных сервисов относится к области диверсификации услуг с учетом запросов клиентуры, повышения конкурентоспособности железнодорожных перевозок, формирования системы лояльности клиента. Например, идет согласование дополнительной услуги под названием «Block-train», направленной на расширение зоны влияния услуги «Грузовой экспресс» железнодорожными станциями до и после формирования поезда в системе «Грузовой экспресс».

Сервис формирования судовых партий, позволяющий обеспечить гибкий подвод грузов под выгрузку по прямому варианту «вагон–борт судна», направлен на повышение перерабатывающей способности терминалов. Всего за 10 месяцев услугой формирования судовых партий воспользовались 11 компаний, осуществлена перевозка 1,7 млн тонн грузов (минеральные удобрения, каменный уголь, минеральные и

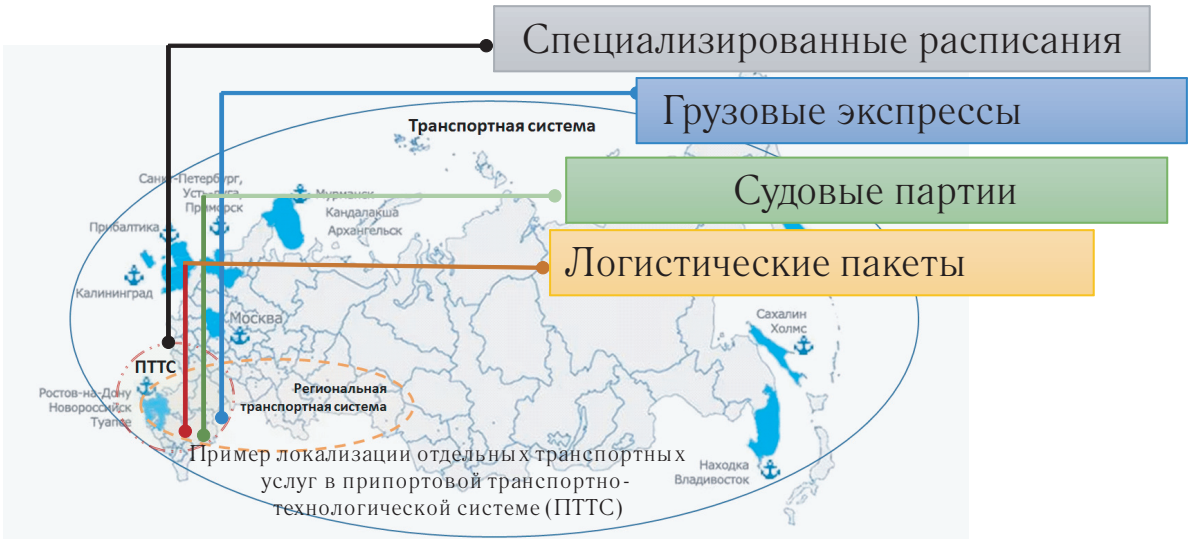


Рис. 4. Услуги и технологические решения в области диспетчеризации и организации перевозочного процесса на припортовых железных дорогах

растительные масла), получен дополнительный доход в размере 1,8 млрд руб. Услуга формирования судовых партий – пример успешной локализации услуги по запросам клиентов, отвечающая потребности операторов на припортовых железных дорогах.

Если в целом рассматривать перевозки в адрес портов, то нужно отметить, что за последнее десятилетие отмечен рост грузопотока в адрес припортовых станций, что потребовало от транспортников сосредоточить усилия не только на вопросах развития инфраструктуры на подходах к портам Азово-Черноморского бассейна, но и развития новых ресурсоориентированных технологий перевозочного процесса при сохранении гарантированного уровня сервиса клиентов. Рабочей группой из специалистов дороги и ученых РГУПС разработан и утвержден регламент технологии работы с судовым партиями в увязке с представителями Новороссийского морского торгового порта (НМТП).

СКЖД и РГУПС была рассмотрена возможность реализации «адресных» подборок вагонов, которые условно называют «логистическими пакетами».

Выполнение подборки вагонов по станции Батайск в адрес получателей станции Новороссийск с учетом взаимного расположения грузовых районов, длины, оснащенности фронтов и еще ряда факторов позволяет сократить простой вагонов на припортовой станции Новороссийск. Несмотря на увеличение простоя вагонов по станции Батайск технология, в целом, позволяет сократить оборот вагонов.

Внедрение данной технологии ограничено по некоторым технологическим причинам: загрузка мощностей станции Батайск по переработке вагонопотоков по другим назначениям, отсутствие информации по станции Батайск – кодов грузовых районов станции Новороссийск в электронном виде. От решения этих задач будет зависеть возможность развития данной технологии. Развитие информационного обеспечения управления перевозочным процессом обеспечит сквозной обмен данных между информационными системами железных дорог, грузополучателями, портами, формирование взаимоувязанных планов работы, ориентированных на экономическую эффективность перевозочного процесса [15] (рис. 5).

Каждая новая услуга – это новая технология, созданная при активном взаимодействии ТЦФТО, Дирекции управления движением и других структурных подразделений филиалов ОАО «РЖД», которая получает развитие при наличии спроса со стороны рынка и клиентов. Например, в 2018 г. на СКЖД работали всего по 4 договорам на формирование контейнерных поездов. В 2019 г. – были осуществлены перевозки по 10 направлениям. В 2020 г. разработано уже 24 технологии формирования контейнерных поездов на местах общего пользования. Заключено 12 договоров. Всего за 10 месяцев 2020 г. проследовало 429 контейнерных поездов с дополнительным доходом в 550 млн руб. по 25 направлениям. Запущен контейнерный поезд Новороссийск – Ростов-Товарный с модификацией услуги «короткий шаттл» длиной 24 условных вагона.

Однако специалисты ТЦФТО отмечают, что иногда при получении запроса от клиента о разработке индивидуальной технологии, за время согласования возможности осуществления услуги и обеспечения внутрикорпоративных процессов, грузоотправители уже успевают перевезти груз автомобильным транспортом. Поэтому для припортовых железных дорог, работающих в условиях большой загрузки инфраструктуры, важнейшим вопросом является не только

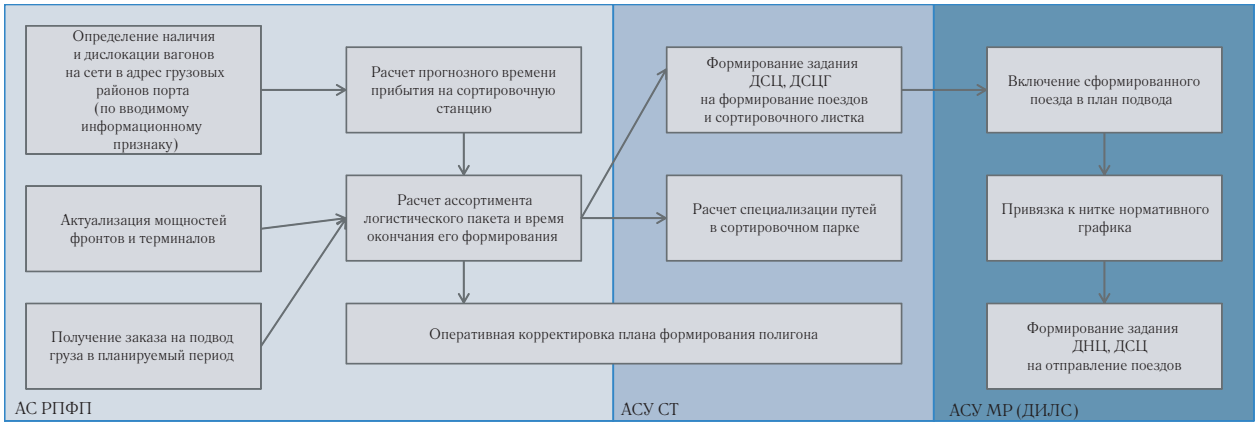


Рис. 5. Алгоритм планирования перевозок с учетом функционала оценки экономической эффективности перевозки

проработка отдельных коммерческих услуг по диспетчерскому сопровождению, но и формирование порядка взаимодействия и ответственности ключевых участников процессов, реализуемых при планировании и организации местной работы. Здесь речь идет не просто о развитии отдельных услуг, а об изменении внутрикорпоративных технологических процессов для реализации новых коммерческих услуг.

В техническом задании разработанном ООО «ИНТЭЛЛЕКС» Автоматизированного конструктора портфеля услуг на перевозку грузов заложено создание нового каталожного описания услуги и включения услуги в каталог. Пока этот режим в ТЦФТО на СКЖД на рабочих местах персонала не анализировался. В техническом задании также прописан бизнес-процесс создания каталожного описания услуги. Кодификация услуг должна соответствовать Каталогу услуг в области грузовых перевозок, систематизированных по видам бизнеса филиалов, дочерних и зависимых обществ №1883 от 25 января 2019 г. После создания каталожного описания услуги необходимо запустить процесс согласования для ее включения в электронный каталог услуг, который пошагово описан в Регламенте ведения электронного каталога услуг холдинга «Российские железные дороги» вобласти грузовых перевозок (Распоряжение ОАО «РЖД» от 10.10. 2018 №2218/р). Владелец услуги должен подготовить на Экспертном совете ОАО «РЖД» решение о принятии новой версии каталожного описания. Диверсификация услуг требует быстрого реагирования на запросы клиентуры, поэтому может быть целесообразно проводить оценку эффективности новых или существующих (с модифицированными условиями) услуг, с привлечением сторонних исполнителей: отраслевые вузы, консалтинговые фирмы. При формировании доказательной базы эффективности новой услуги для клиентов-контрагентов работа по ее включению в общий каталог или реестр становится технической.

Не менее важным вопросом, требующим научно-практического сопровождения, является вопрос стандартизации качества услуг. На это направление работы сделан акцент и в Долгосрочной программе развития железнодорожного транспорта в части стандартизации качества услуг в области грузовых перевозок с установлением параметров доступности, своевременности и надежности перевозки, сохранности груза, спектра логистических и терминально–складских услуг, скорости доставки.

Таким образом, можно отметить, что расширение «продуктовой» линейки и числа услуг в области диспетчеризации и организации перевозочного процесса для грузовых перевозок – вопрос актуальный, но требует устранения ряда технических и технологических «барьеров» [16]. При реализации новых услуг есть вероятность возникновения технологических рисков, таких как недостаточный уровень развития технологии, либо неспособность достичь необходимого результата из-за технологической сложности. В условиях высокой загрузки инфраструктуры припортовых железных дорог существует риск неоказания услуги с должным уровнем качества, несоблюдения сроков доставки грузов.

Необходимо также отметить, что приоритетными направлениями развития транспортно-логистических услуг на припортовых железных дорогах с учетом цифровой трансформации железнодорожной отрасли являются: мониторинг услуг и их локализация для полигонов дорог с учетом специализации и характера работ, формирование научно-практического инструментария мобильного развития спектра услуг и их включения в единый каталог, создание интеллектуальных и гибких систем управления транспортом с целью оптимизации архитектуры и операционных систем железнодорожной сети на уровне маршрута и отдельного поезда, разработки информационно-аналитической модели грузовых перевозок с учетом инфраструктурных ограничений, грузовой базы и других параметров перевозки для повышения эффективности деятельности холдинга ОАО «РЖД».

Литература

1. Цифровая железная дорога – настоящее и будущее / С.М. Резер, С.Б. Лёвин, А.В. Резер, А.Ю. Ляхова. –Текст: непосредственный // Транспорт: наука, техника, управление. –2019. –№ 9. –С. 4–11.

2. Резер, С.М. Создание единой цифровой платформы для информационной транспортной системы / С.М. Резер, М.И. Шмулевич. А.В. Резер. –Текст: непосредственный // Транспорт: наука, техника, управление. –2019. –№11. –С. 3–6.

3. Логистика цифровой трансформации процессов в ОАО «РЖД» /Е. Розенберг, С. Филипченко, А. Шатохин, П. Куренков. –Текст: непосредственный // Логистика. –2020. –№3 (160). –С. 10–17.

4. Аветикян, М.А. Единый каталог услуг холдинга «РЖД» как ключевой элемент цифровой железной дороги/ М.А. Аветикян, В.В. Цыганов, С.А. Савушкин. –Текст: непосредственный // Железнодорожный транспорт. –2017. –№8. –С. 7–11.

5. Инновационные процессы логистического менеджмента в интеллектуальных транспортных системах: монография: в 4 т. / Под общ. ред. проф. Б.А. Лёвина и проф. Л.Б. Миротина. –Москва: ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2015. Т. 2. Формирование отраслевых логистических интеллектуальных транспортных систем. –343 с. –Текст: непосредственный.

6. Солоп, И.А. Основные задачи и направления развития транспортно-логистического блока в ОАО «РЖД» с учетом клиентоориентированности и информационной доступности услуг / И.А. Солоп, С.А. Солоп, Е.А. Чеботарева. –Текст: непосредственный // Инновационные взгляды в будущее '2019. –Одесса: ОНМУ, 2019. –Вып. 12. –Т. 1. –С. 46–57.

7. Верескун, В.Д. Клиентоориентированное формирование и развитие комплексной транспортной услуги на железнодорожном транспорте / В.Д. Верескун, Э.А. Мамаев. –Текст: непосредственный // Бюллетень Объединенного ученого совета ОАО «РЖД». –2020. –№3–4. –С. 22–30.

8. Покровская, О.Д. Принципы реализации комплексных транспортно-логистических услуг на железнодорожном транспорте и требования к ним / О.Д. Покровская. –Текст: непосредственный // Известия Петербургского университета путей сообщения. –2020. –Т.17, №3. –С. 288–303.

9. Цыганов, В.В. Каталог услуг в адаптивном организационном управлении транспортными структурами/ В.В. Цыганов., С.А. Савушкин. –Текст: непосредственный // Транспорт: наука, техника, управление. –2017. –№12. –С. 3–10.

10. Цыганов, В.В. Конструирование комплексной транспортной услуг / В.В. Цыганов, С.А. Савушкин, В.Г. Горбунов. –Текст: непосредственный // ИТНОУ: Информационные технологии в науке, образовании и управлении. –2018. –№2 (6). –С. 60–65.

11. Перевозки грузов в железнодорожно-морском сообщении на юге России/ К.В. Кудряшов, В.Н. Зубков, Э.А. Мамаев, Е.А. Чеботарева. –Текст: непосредственный // Железнодорожный транспорт. –2019. –№4. –С. 4–10.

12. Апатцев, В.И. Обслуживание путей необщего пользования на основе графика собственного поездного формирования /В.И. Апатцев, Н.В. Эрлих, А.В. Эрлих. –Текст: непосредственный // Наука и техника транспорта. –2019. –№1. –С. 63–70.

13. Боцвин, Д.В. Организация сборных контейнерных перевозок на железнодорожном транспорте / Д.В. Боцвин, Г.А. Ковалев, Э.А. Мамаев. –Текст: непосредственный // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. –2012. –№2. –С. 119–125.

14. Кравец, А.С. Развитие логистики перевозки зерна в железнодорожно-морском сообщении (на примере Южного региона) /А.С. Кравец, Е.А. Чеботарева. –Текст: непосредственный // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. –2017. –№3 (67). –С. 102–112.

15. Chislov O., Zadorozhniy V., Lomash D., Chebotareva E., Solop I., Bogachev T. (2020) Methodological Bases of Modeling and Optimization of Transport Processes in the Interaction of Railways and Maritime Transport. In: Macioszek E., Sierpiński G. (eds) Modern Traffic Engineering in the System Approach to the Development of Traffic Networks. TSTP 2019. Advances in Intelligent Systems and Computing, vol 1083. Springer, Cham. DOI https://doi.org/10.1007/978-3-030-34069-8_7. Print ISBN 978-3-030-34068-1. Online ISBN 978-3-030-34069-8.

16. Мамаев, Э.А. Экономические и технологические основы роста скоростей движения на железнодорожном транспорте/ Э.А. Мамаев. –Текст: непосредственный // Железнодорожный транспорт. –2017. –№5. –С. 34–35.

ПРАКТИЧЕСКИЙ ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НАСОСА МАЛОЙ СИСТЕМЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

С.А. Моренко

К.С. Моренко

Объектам различных инфраструктур необходимо снабжение технической водой. Большую популярность набирает использование частотных приводов для управления насосами. При исследовании рассматривались существующие на рынке предложения и научные разработки. Выяснилось, что система управления центробежным насосом позволяет обеспечить высокое качество водоснабжения небольших объектов.

Ключевые слова: водоснабжение, частотный привод, защита, регулирование, центробежный насос

DOI: 10.53883/20749325_2021_04_50

Небольшие объекты различной инфраструктуры (как сельскохозяйственной, метеорологической, железнодорожной и др.) нуждаются в персонале, который выполняет работу на этих объектах. Часто оказывается, что такие объекты находятся на некотором удалении от городов и населенных пунктов, а работа на них организуется вахтовым методом.

Качество выполняемых работ определяется не только организацией собственно рабочей обстановки, но и коммунально-бытовых условий персонала. Сюда входят электроснабжение, водообеспечение, теплообеспечение и другие виды обеспечения.

В зависимости от назначения объекта ему может понадобиться снабжение технической водой, которую чаще всего берут прямо из-под земли.

В настоящее время большую популярность набирает использование частотных приводов для управления насосами в скважинах и для водоснабжения. У такого подхода есть несколько преимуществ:

- экономия электроэнергии от 30 до 60%;
- исключение гидроударов, что позволяет резко увеличить срок службы трубопроводов и запорной арматуры;
- значительная экономия воды за счет оптимизации давления в сетях и уменьшения разрывов трубопроводов;
- при отдельных схемах водоснабжения не требует строительства, обслуживания водонапорных баков или накопительных резервуаров.

Использование частотных приводов для управления насосами имеет ряд технических преимуществ, которые найдут свое выражение в экономических выгодах от применения этой системы.

В настоящее время такие системы применяются практически только в специальных отраслях для тех-

Моренко Сергей Алексеевич, кандидат технических наук, доцент кафедры «Электрификация и электроснабжение» Российской открытой академии транспорта Российского университета транспорта (РОАТ РУТ (МИИТ)). Область научных интересов: системы энергетики. Автор 24 научных работ, в том числе одной монографии. Имеет три патента на изобретения.

Моренко Константин Сергеевич, кандидат технических наук, старший научный сотрудник Федерального научного агроинженерного центра ВИМ. Область научных интересов: возобновляемая энергетика. Автор 39 научных работ, в том числе одной монографии. Имеет два патента на изобретения.

нологических насосов, проблемы водоснабжения, тем более малых объектов практически не рассматриваются.

Цель исследования

Проанализировать практический опыт использования малой системы водоснабжения с частотным приводом управления насосом.

Материалы и методы

При исследовании возможностей водообеспечения рассматривались существующие на рынке предложения аппаратуры [1] и научные исследования в области водоснабжения, особенно небольших объектов, чаще всего сельского хозяйства [2].

При выборе насоса для конкретного объекта проблемы обычно не возникает. Проблема выбора возникает в случае, когда рассматривается возможность использования одинаковых насосов на различных объектах, имеющих разную глубину залегания грунтовых вод и разную потребность в воде.

В рамках унификации оборудования водоснабжения возникает вопрос номенклатуры насосов. С одной стороны, отличным решением будет использовать подходящие по напору и производительности насосы (рис. 1), поскольку так можно будет снизить стоимость оборудования в местах близкого залегания водоносных слоев. С другой стороны, значительное расширение номенклатуры оборудования приводит к экспоненциальному росту затрат на его обслуживание.

Унификация сталкивается с проблемой. Поскольку глубина залегания грунтовых вод может сильно варьироваться от места к месту и составлять от 1 до 50 метров, а в отдельных случаях и больше, то насосы должны обеспечивать соответствующий напор. Но использование насосов с большим напором в скважинах с небольшой глубиной приводит к значительному росту производительности. Снижение производительности насоса с помощью задвижек приводит к росту давления в напорном трубопроводе, что чревато его преждевременным разрушением [3].

Унификация с одной стороны сталкивается с надежностью, а с другой – с эксплуатационными издержками. Одним из существующих решений этой проблемы является использование частотных приводов для управления частотой вращения насоса, его производительностью и напором [4].

Использование одинаковых комплектов оборудования для установки на большом количестве объектов в рамках единой инфраструктуры имеет ряд преимуществ.

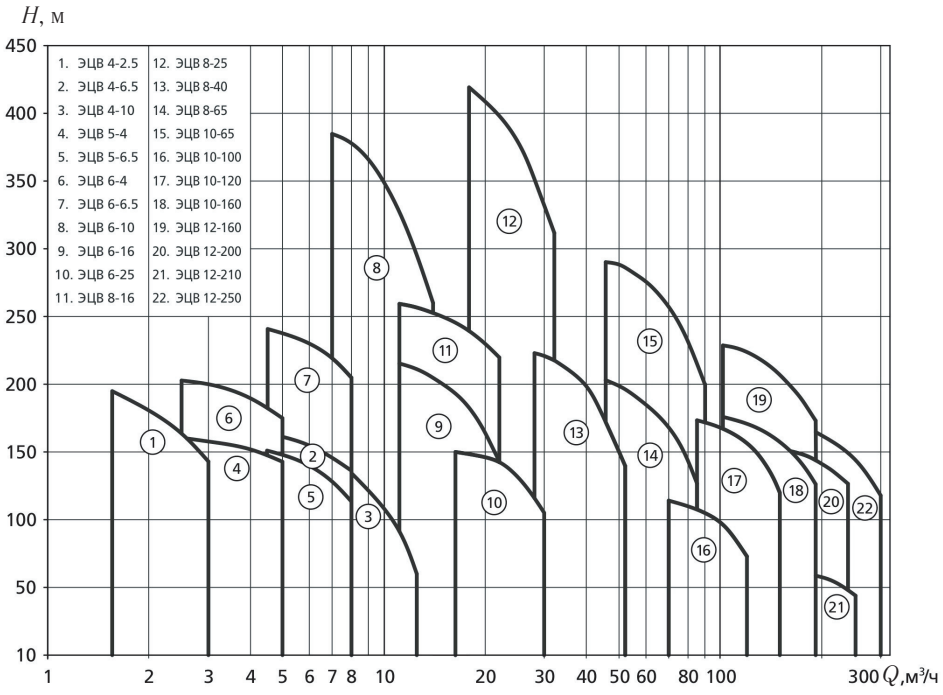


Рис. 1. Типовые характеристики центробежных насосов (на примере насосов типа ЭЦВ, из документации)

Во-первых, появляется возможность приобрести большую партию комплектов оборудования по более низкой цене. В такой поставке будет заинтересован как покупатель, который может сэкономить часть средств, так и продавец, который может сосредоточиться на производстве одного вида оборудования и снизить издержки.

Во-вторых, резко снижается количество резервных комплектов оборудования. При большой номенклатуре типов оборудования потребность в резервных комплектах может исчисляться десятыми или даже сотыми долями. На сотню работающих комплектов может требоваться всего один резервный. Но если их будет установлено только пять, то резервный комплект все равно будет один. Таким образом, снижение количества резервных комплектов снижает издержки на содержание текущего оборудования. Требуется меньше складских площадей.

В-третьих, снижение номенклатуры запасных частей позволяет оптимизировать сервисную службу. Вплоть до того, что любая необходимая запасная часть всегда может быть в машине, на которой выезжает ремонтная группа. Это одновременно упрощает как процессы технического обслуживания, так и аварийные ремонтные работы. Упрощение в свою очередь допускает проводить их быстрее, а также снизить время простоя. Один из мифов о системах водоснабжения состоит в том, что «создать систему водоснабжения гораздо сложнее, чем поддерживать ее работу» [6]. По другим данным, до 40% новых систем водоснабжения быстро выходят из строя и больше не включаются в работу по различным причинам [6].

Динамическое регулирование производительности насоса, которое можно выполнить с помощью частотного привода [7;8], дает возможность ему работать без водонапорной башни или с водонапорной башней малой емкости. Она может служить ресивером для начального обеспечения водой. Возможности такой схемы водоснабжения малых населенных пунктов подробно рассмотрены в [2]. По мере того, как начнется расход воды, насос будет включен на такую производительность, чтобы поддерживать уровень воды в баке постоянным.

Использование частотного привода позволяет снизить расход электрической энергии во время работы насоса в сравнении с дроссельным регулированием напора и расхода воды [3].

Частотный привод может обеспечить еще одно преимущество – плавный пуск насоса. Использование плавного пуска дает возможность [1]:

- увеличить ресурс работы насосного агрегата;
- избежать перегрузки питающей сети в момент пуска насоса;
- избежать гидравлических ударов в трубопроводах и задвижках.

Кроме того, частотный привод позволяет эффективно организовать работу насоса большой производительности в скважине с малым дебитом за счет регулирования частоты вращения двигателя, напора и расхода насоса для конкретных условий работы системы.

Датчик контроля уровня воды при использовании в системе водонапорной башни дает возможность персоналу оперативно получать информацию о накоплении и расходовании воды и контролировать работу насосного агрегата. Это позволяет своевременно обнаруживать неисправности. Этот же блок обеспечивает управление насосом для поддержания уровня воды в баке.

Измерительный преобразователь представляет собой преобразователь уровня воды в емкости и выполнен в виде изолированных проводников, которые помещаются в бак с водой. Если бак выполнен из диэлектрического материала, измерительный преобразователь может быть помещен прямо на корпус бака, чем исключается взаимодействие с водой [9].

Схемы измерения уровня воды в баке с помощью емкости известна достаточно давно. Они обладает рядом преимуществ [10]:

- механически просты и не имеют движущихся частей;
- не требуют технического обслуживания;
- устойчивы к турбулентности.

Обратный клапан часто устанавливается в таких системах для того, чтобы снизить расход электрической энергии при каждом включении насоса на заполнение напорного трубопровода. Однако, следует учитывать, что при небольшой глубине залегания грунтовых вод проблемы с эксплуатацией обратного клапана могут быть значительно больше, чем эффект экономии электрической энергии.

В отсутствии обратного клапана так же есть еще один положительный эффект – снижаются требования к утеплению трубопровода. Это особенно актуально, когда система эксплуатируется без водонапорной башни. Кроме прочего, сокращается номенклатура запасных частей установки.

Наличие узла контроля наработки насоса позволяет накопить статистические сведения о наработке на отказ или о необходимости провести техническое обслуживание по факту наработки определенного количества часов.

В дальнейшем система может быть модернизирована новыми агрегатами, имеющими более высокую надежность. Наличие статистических данных и узла контроля наработки позволит проверить эффектив-

ность внедряемых изменений и рост надежности системы.

Таким образом, общая система водообеспечения содержит:

- накопительный бак;
- погружной центробежный насос;
- частотный привод управления;
- блок контроля уровня воды в баке и управления насосом;
- счетчик времени наработки;
- электрическую и водяную соединительные арматуры.

На рис. 2 показан внешний вид блока управления насосом для экспериментального исследования режимов работы системы. На рис. 2 видны: частотный привод управления насосом; счетчик времени наработки.

Результаты и обсуждение

Для проведения опытной эксплуатации была собрана система водоснабжения согласно описанию. Эксплуатация проводилась в весенне-летнее время. Система использовалась для водоснабжения загородного дома технической водой и полива приусадебного участка в вечернее время.

Рис. 2. Внешний вид установленного блока управления насосом

За время исследований было отмечено следующее.

Все системы контроля неисправностей находятся только в частотном приводе и главным образом позволяют обнаружить лишь электрические неисправности системы: обрывы фаз, замыкания, пробой изоляции на корпус. Это позволяет оперативно получить информацию о неисправности насоса. Вместе с тем, существуют неисправности, которые возникают при подаче воды в бак, такие как засорение трубопровода посторонними предметами, замерзание или прорыв. При определенных условиях диагностика такой неисправности становится нетривиальной задачей.

Вместе с тем, датчик контроля уровня может контролировать поступление воды в бак через изменение ее уровня, что является способом обнаружить такой вид неисправностей.

Сбоев в работе системы, таких как отсутствие ответа на команду оператора, опустошение бака или его переполнение, неверные режимы работы насоса – обнаружено не было. Это свидетельствует о высоком уровне надежности системы за счет использования отработанных технических решений.

По результату наработки заранее оговоренного в руководстве к насосу количества часов, он был извлечен из скважины для проведения технического обслуживания. Время наработки было измерено с помощью счетчика. После разборки агрегата для проведения технического обслуживания было установлено, что техническое обслуживание проводится именно в то время, в которое и должно.

Таким образом, система полностью отвечает возложенным на нее требованиям. В то же время возможно дальнейшее совершенствование системы для повышения надежности и удобства использования.

Выводы

Рассмотренная система управления центробежным насосом позволяет обеспечить высокое качество водоснабжения небольших объектов. Стандартизация узлов системы на ряд объектов позволяет значительно снизить издержки внедрения и эксплуатации системы.

За время эксплуатации отказов обнаружено не было.

Дальнейшее исследование системы водоснабжения малых предприятий состоит в том, чтобы провести опытную эксплуатацию на ряде объектов. Вторым направлением исследования является эксплуатация системы в условиях отрицательных температур.

Литература

1. ЭЦВ каталог: погружные скважинные насосы. –URL: https://bestnasos.ru/price_opt/nasos_etcv_catalog.pdf (дата обращения: 06.12.2021) . –Текст: электронный.

2. Корчевская, Ю.В. Возможности регулирования бесперебойной подачи воды в сеть малых населенных пунктов /Ю.В. Корчевская, Г.А. Горелкина. –Текст: непосредственный // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. –2016. –№1(135). –С. 138–142.

3. Гумерова, Р.Х. Моделирование потребления электроэнергии приводами насосов при дроссельном и частотном регулировании производительности / Р.Х. Гумерова, В.А. Черняховский. –Текст: непосредственный // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. –2017. –Т.19, №3–4. –С. 96–106.

4. Сошников, М.И. Применение насосов с частотным приводом в системах водоснабжения / М.И. Сошников, Д.С. Струков. –Текст: непосредственный // Научный альманах. –2016. –№4–3(18). –С. 190–193.

5. Myths of the Rural Water Supply Sector / Rural Water Supply Network. Perspectives. 2010. №4. 7 p. - URL: https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/RWSN 2010 Myths of the Rural Water Supply Sector.pdf. (дата обращения: 06.12.2021).

6. Moriarty P., Smits S., Butterworth J., Franceys R. Trends in rural water supply: Towards a service delivery approach / Water Alternatives. 2013. 6(3): 329–349.

7. Сипайлов, В.А. Оптимальное управление установкой электроцентробежного насоса с частотно-регулируемым асинхронным приводом / В.А. Сипайлов, В.Г. Букреев, Н.Ю. Сипайлова. –Текст: непосредственный // Известия высших учебных заведений. Электромеханика. –2009. –№4. –С. 66–69.

8. Хакимьянов, М.И. Современные частотно-регулируемые электроприводы скважинных насосов / М.И. Хакимьянов, З.Х.Павлова. –Текст: непосредственный // Нефтепромысловое дело. –2012. –№6. –С. 29–34.

9. Capacitance level measurement. –URL: https://www.omega.de/green/pdf/CAP_LEV_MEAS.PDF (дата обращения: 06.12.2021).

10. Craig B. What are the Advantages of Different Types of Level Measurement Transmitters. –URL: https://www.transmittershop.com/blog/advantages-different-types-level-measurement-transmitters/ (дата обращения: 06.12.2021).

РАЗВЕТВЛЕННЫЕ РЕЛЬСОВЫЕ ЦЕПИ С ЦИКЛИЧЕСКИМ ПИТАНИЕМ

Рассмотрены структура и состав оборудования рельсовых цепей при использовании циклического питания сигнальным током. Показаны назначение и взаимодействие элементов разветвленной рельсовой цепи. Приведен пример алгоритма ее функционирования.

П.В. Савченко

К.В. Менакер

Ключевые слова: рельсовая цепь, циклическое питание сигнальным током, система микропроцессорной централизации

DOI: 10.53883/20749325_2021_04_55

В настоящее время в станционных системах железнодорожной автоматики и телемеханики (ЖАТ) рельсовые цепи (РЦ) выполняют роль главного датчика, фиксирующего состояние (свободность, занятость или обрыв) контролируемого участка пути. Основными типами РЦ, используемыми на сегодняшний момент на станциях, являются фазочувствительные и тональные РЦ с непрерывным питанием. Использование таких РЦ накладывает существенные ограничения на количество ответвлений (стрелок), которые могут быть включены в одну разветвленную РЦ. Это приводит к увеличению количества изолированных участков на станции, и как следствие, к росту необходимого количества комплектов питающей аппаратуры, а также к дополнительным работам, связанным с настройкой нескольких РЦ. Кроме этого, существенно снижается уровень надежности РЦ, так как рост количества изолирующих стыков увеличивает вероятность отказов РЦ из-за их сходов, а надежная работа РЦ является одним из факторов, влияющих на безопасность движения поездов [3;4].

Для решения проблемы повышения эффективности работы разветвленных РЦ может быть предложено несколько различных технических решений. Например, в работе [1] был предложен способ контроля состояний рельсовой линии с помощью сравнения уровня напряжений на приемном конце РЦ, измеренных в различные моменты времени. К сожалению, данный способ обладает существенным недостатком, так как при изменении климатических условий (снег, дождь) изменяется сопротивление изоляции, а соответственно и пороговое значение напряжения, что может привести к ложным срабатываниям путевых реле. Другой способ, описанный в работе [2], подразумевает контроль состояний разветвленной РЦ без граничных изолирующих стыков, сигнал в кото-

Савченко Павел Владимирович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Системы управления транспортной инфраструктуры» Российской открытой академии транспорта Российского университета транспорта (РОАТ РУТ (МИИТ)). Область научных интересов: безопасность и надежность станционных систем железнодорожной автоматики. Автор 47 научных работ. Имеет 17 патентов на изобретения.

Менакер Константин Владимирович, кандидат технических наук, доцент кафедры электроснабжения Забайкальского института железнодорожного транспорта – филиала Иркутского государственного университета путей сообщения (ЗабИЖТ ИрГУПС). Область научных интересов: электропитание, устройства защиты от электрических помех станционных и перегонных устройств. Автор 33 научных работ. Имеет три патента на изобретение.

Романов Николай Вячеславович, заведующий лабораторией кафедры «Системы управления транспортной инфраструктуры» Российской открытой академии транспорта Российского университета транспорта (РОАТ РУТ (МИИТ)). Область научных интересов: безопасность и надежность систем железнодорожной автоматики. Автор пяти научных работ.

рую подают от ее середины, при этом по концам РЦ контролируют изменение сигнала. При изменении сигнала по концам РЦ ниже порогового значения фиксируют занятие РЦ, а при превышении сигнала порогового значения освобождения – ее освобождение. Применение таких РЦ позволяет отказаться от использования изолирующих стыков на станции. Анализ такого решения показал, что к недостаткам данного способа контроля РЦ можно отнести:

- ограниченное количество съездов, контролируемых релейным оборудованием;
- большое количество используемой релейной и питающей аппаратуры;
- снижение быстродействия работы РЦ, а также невысокая надежность их работы.

Перечисленные недостатки не позволяют использовать данный тип РЦ полномасштабно. Для устранения отмеченных недостатков и повышения безопасности движения по рассматриваемым видам РЦ предлагается использовать способ контроля состояния РЦ, основанный на совместном применении соотносительного и относительного методов контроля.

Приведем пример.

На стрелочной секции СП3-7 фрагмента путевого развития станции, приведенного на рис.1, в центре разветвленной РЦ устанавливается питающий трансформатор ИП3, формирующий сигналы тональной частоты (500–5000 ГЦ), которые поступают на приемные концы РЦ П31–П35. На приемных концах П31–П35 производятся измерения изменения полученного сигнала относительно значений исходного уровня сигнала. Полученное изменение уровня сигнала должно находиться в одном из двух диапазонов пороговых значений сигнала, соответствующих либо занятию РЦ, либо освобождению РЦ. При этом, измерение изменения уровня сигнала в каждом приемном конце производится поочередно, что приводит к уменьшению влияния других приемных концов на величину сигнала и позволяет увеличить число контролируемых ответвлений разветвленной РЦ.

Между приемными концами смежных РЦ расположен участок рельсовой линии (например, между трансформаторами П9 и П33), являющейся общим для двух РЦ [6].

Определив значение опорного напряжения, равное усредненному значению напряжения приемного конца РЦ, измеряемого в течение трех минут за минуту до вступления поезда на РЦ, реализуется относительный метод контроля. При этом фиксация занятия РЦ осуществляется, когда значение напряжения снижается не менее чем на 50% от опорного значения напряжения, а фиксация освобождения – при увеличении значения напряжения не менее чем на 75% от опорного значения напряжения.

Сравнение текущего значения напряжения на приемном конце РЦ с одноименными значениями напряжения смежных РЦ по ходу движения, реализует соотносительный метод контроля. Занятие РЦ фиксируется при снижении одноименного значения напряжения приемного конца РЦ по сравнению с впере-

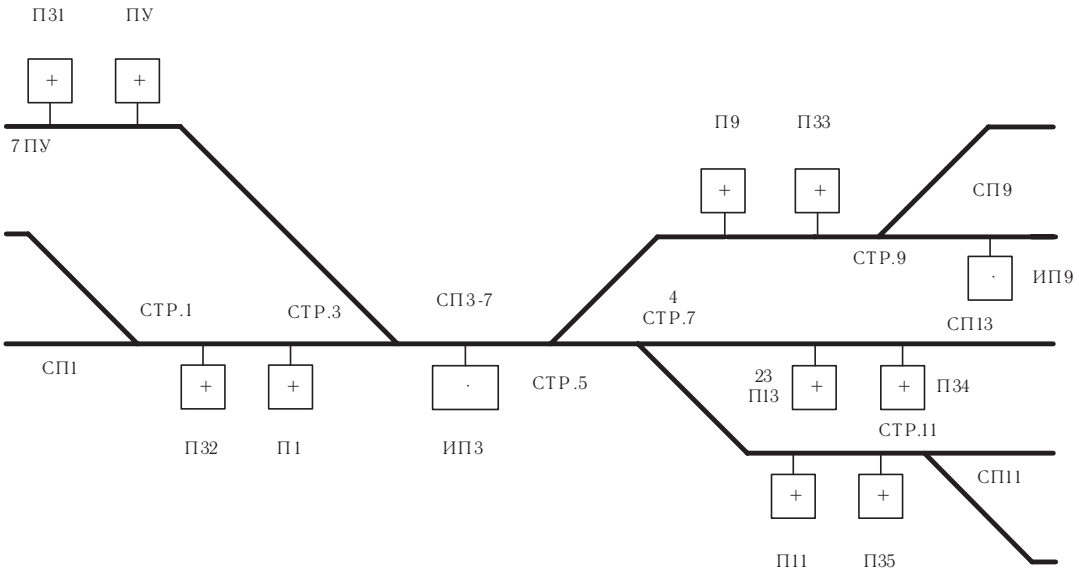


Рис. 1. Фрагмент путевого развития станции

дилежащей РЦ не менее чем на 50%. Освобождение РЦ фиксируется при достижении одноименным значением напряжения приемного конца РЦ не менее чем 75% одноименного значения напряжения позадилежащей РЦ.

На рис. 2 представлена структурная схема разветвленной РЦ, аппаратура которых размещены в путевых коробках и на посту электрической централизации (ЭЦ). На посту ЭЦ размещается управляющий вычислительный комплекс (УВК). Вырабатывая различные значения частот питающего напряжения для разных рельсовых цепей, УВК управляет работой путевого генератора (ПГ). С помощью электронного ключа (КЛ) осуществляется прерывание цепи питания приборов, расположенных в путевых коробках (ПК) и РЦ изолированных участков, а также формируется сигнал цикловой синхронизации, который представляет собой интервал в подаче питания между циклами опроса состояний путевого участка и стрелочно-путевых участков СП1, СП3-7, СП9. Распределитель (РСП) переключается между позициями из-за изменения частоты сигнального тока, управляя ключами КЛ1–КЛ6 (в зависимости от количества приемных концов РЦ), а сигнал цикловой синхронизации, выработанный электронным ключом, приводит к обнулению распределителя. Фазоинвертор (ФИ), расположенный на посту ЭЦ, служит для передачи сигналов телеуправления в распределители.

Поступающая на путевой приемник (ПП) информация о состоянии изолированных участков в горловины станции, преобразуется в цифровые посылки и передается в УВК. В таких посылках содержится информация о значении напряжения рельсовой цепи. Информация о величине напряжения формируется при взаимодействии ключей (КЛ2–КЛ6) с РСП, которые получают информацию от путевых трансформаторов П31–П35 соответственно. Взаимодействие постовой аппаратуры с аппаратурой других РЦ происходят аналогично.

Поступающая в УВК информация о значении напряжения на приемных концах рельсовых линий циклически записывается в память УВК, где хранится информация о значениях напряжениях приемных концов всех рельсовых линий, записанная в течение последних четырех минут. Обновление информации в памяти УВК происходит по принципу работы стека – первым вошел – первым вышел. Данный принцип контроля состояния РЦ описан в работе [5].

Таким образом, рассмотренный тип РЦ имеет ряд преимуществ перед другими устройствами контроля положения подвижного состава: отсутствие изолирующих стыков ведет к увеличению надежности; уменьшение количества питающей аппаратуры так же повышает надежность работы РЦ; одновременное использование двух методов для определения занятости и свободности РЦ снижает вероятность возникновения ошибки, например, ложной свободности РЦ.

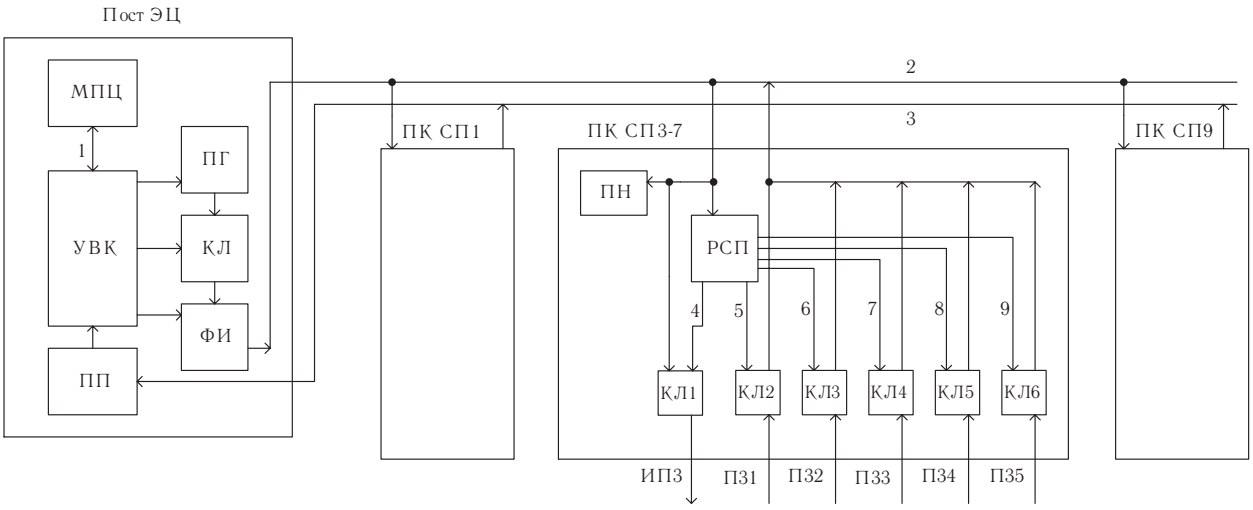


Рис. 2. Структурная схема разветвленной РЦ

Литература

1. Полевой, Ю.И. Совершенствование методов контроля состояния железнодорожных путевых участков: монография / Ю.И. Полевой; Самарский науч. центр Российской акад. наук, М-во трансп. Российской Федерации, Федеральное агентство ж.-д. трансп., Гос. образовательное учреждение высш. проф. образования Самарский гос. ун-т путей сообщ. –Самара: СамГУПС, 2009. –134 с. –ISBN 978-5-93424-438-6. –Текст: непосредственный.

2. Способ контроля свободности рельсовой линии. Патент №2581277 РФ / Ю.И. Полевой. Опубл. 2016, бюл. №4.

3. Менакер, К.В. Имитационная модель участка в пределах одной рельсовой цепи/ К.В. Менакер, Е.М. Бушуев. –Текст: непосредственный // Автоматика, связь, информатика. –2018. –№2 –С. 10–13.

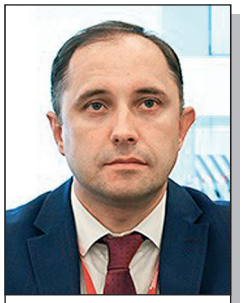
4. Порошков, В.С. Рельсовые цепи с циклическим питанием сигнальным током/ В.С. Порошков, А.В. Горелик, П.В. Савченко. –Текст: непосредственный // Наука и техника транспорта. –2019. –№3. –С. 42–45.

5. Способ контроля состояний разветвленной рельсовой цепи в горловинах станции. Патент №2723529 С1РФ / Ю.И. Полевой, А.В. Горелик, П.В. Савченко. Опубл. 2020.

6. Способ контроля состояний разветвленной рельсовой цепи. Патент №2726458 С1РФ / Ю.И. Полевой, А.В. Горелик, П.В.Савченко. Опубл.2020.

РЕЗУЛЬТАТЫ СРАВНИТЕЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ БЕЗОТКАЗНОСТИ АСИНХРОННЫХ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ МАШИН АЭ92-4 И АНЭ225 ЭЛЕКТРОВОЗОВ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

Приведены результаты исследования безотказности асинхронных вспомогательных машин двух парков электровозов переменного тока – находящихся в эксплуатации длительное время и современных – при практически равных температурных условиях. Оба парка электровозов переменного тока работали в грузовом движении более десяти лет после изготовления.



А.С. Куренков

Д.И. Бодриков

Ключевые слова: асинхронные вспомогательные машины, электровозы переменного тока, результаты исследования

DOI: 10.53883/20749325_2021_04_59

Проведено сравнительное исследование безотказности асинхронных вспомогательных машин (АВМ), статора, ротора, подшипников АВМ АЭ92-4 парка электровозов ВЛ80Р переменного тока депо Боготол за 1997–2000 годы, находящихся в эксплуатации продолжительное время и АВМ АНЭ225 парка современных электровозов ВЛ85 переменного тока депо Нижнеудинск за 2012 год при практически равных температурных условиях. Электровозы вышеуказанных парков работали в грузовом движении на направлении Мариинск Красноярской железной дороги – Карымская Забайкальской железной дороги более десяти лет после поступления с завода изготовителя.

Из рассмотрения зависимостей параметров потоков отказов АВМ АЭ92-4 электровозов ВЛ80Р депо Боготол от температуры воздуха в период с октября 1997 года по март 2000 года (рис. 1–4), можно отметить следующее [1–3]. При изменении среднемесячной температуры окружающей среды от –20 до +20 °С параметр потока отказов АВМ изменяется в 1,43 раза от 5,95 до 4,15 отказов/10^6 км (см. рис. 1). Наибольшее и наименьшее значения параметра потока отказов статоров 2,16 и 1,35 отказов/10^6 км наблюдаются соответственно при температуре воздуха –3 и +19 °С (рис. 2). Изменение параметра потока отказов статоров от температуры воздуха показывает, что качество пропитки изоляции стато-

Куренков Алексей Семенович, аспирант кафедры «Тяговый подвижной состав» Российской открытой академии транспорта Российского университета транспорта (РОАТ РУТ (МИИТ)), начальник Центра организации подготовки и развития рабочих – структурного подразделения ОАО «РЖД». Область научных интересов: повышение ресурса локомотивов и электропоездов. Автор 20 научных работ. Имеет семь патентов на изобретения.

Бодриков Денис Игоревич, ассистент кафедры «Электропоезда и локомотивы» Института транспортной техники и систем управления Российского университета транспорта (ИТТСУ РУТ (МИИТ)), начальник отдела скоростного моторвагонного подвижного состава Проектно-конструкторского бюро локомотивного хозяйства – филиала ОАО «РЖД». Область научных интересов: имитационное моделирование, оптимизация работы станции стыкования, организация системы эксплуатации и ремонта. Автор 11 научных работ.

Лыткина Екатерина Михайловна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Эксплуатация железных дорог» Красноярского института железнодорожного транспорта – филиала Иркутского государственного университета путей сообщения (КрИЖТ ИрГУПС). Область научных интересов: зональная система повышения надежности тягового подвижного состава. Автор 67 научных работ, в том числе одной монографии. Имеет шесть патентов РФ.

Смирнов Валентин Петрович, доктор технических наук, профессор кафедры «Тяговый подвижной состав» Российской открытой академии транспорта Российского университета транспорта (РОАТ РУТ (МИИТ)). Область научных интересов: повышение надежности локомотивов. Автор 150 научных работ. Имеет три патента на изобретения.

ров не превышает четверти от состояния изоляции качественно пропитанного статора [4]. Наибольшее и наименьшее значения параметра потока отказов роторов 1,09 и 0,23 отказов/10^6 км наблюдаются соответственно при температуре воздуха +2 и −20 °С (рис. 3). Параметр потока отказов подшипниковых узлов имеет наибольшее и наименьшее значения 1,77 и 0,82 отказов/10^6 км при температуре воздуха −20 °С и +2,6 °С (рис. 4).

Анализ зависимостей параметров потоков отказов АВМ АНЭ225 электровозов ВЛ85 депо Нижнеудинск от температуры воздуха в 2012 году (рис. 5–8), показывает следующее. При изменении температуры воздуха от −20 до +18 °С параметр потока отказов АВМ снижается в 1,56 раза от 27,8 до 17,8 отказов/10^6 км (см. рис. 5). Наибольшее и наименьшее значения параметра потока отказов статоров 9,21 и 4,39 отказов/10^6 км наблюдаются при температуре воздуха −24 °С и +3 °С (см. рис. 6). Изменение параметра потока отказов статоров от температуры воздуха показывает, что качество пропитки изоляции статоров около 70% от состояния изоляции качественно пропитанного статора [4]. Наибольшее и наименьшее значения параметра потока отказов роторов 6,19 и 1,65 отказов/10^6 км наблюдаются при температуре воздуха −7,5 °С и +19 °С (см. рис. 7). Параметр потока отказов подшипниковых узлов имеет наибольшее и наименьшее значения 13,4 и 8,4 отказов/10^6 км при температуре воздуха −7,5 °С и +19 °С (см. рис. 8).

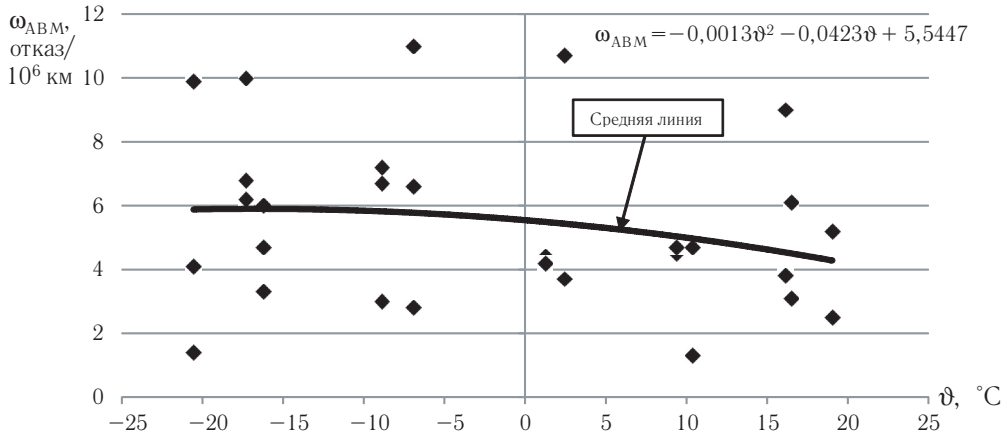


Рис. 1. Зависимость параметра потока отказов АВМ АЭ92-4 электровозов ВЛ80Р депо Боготол от температуры воздуха в период с октября 1997 года по март 2000 года

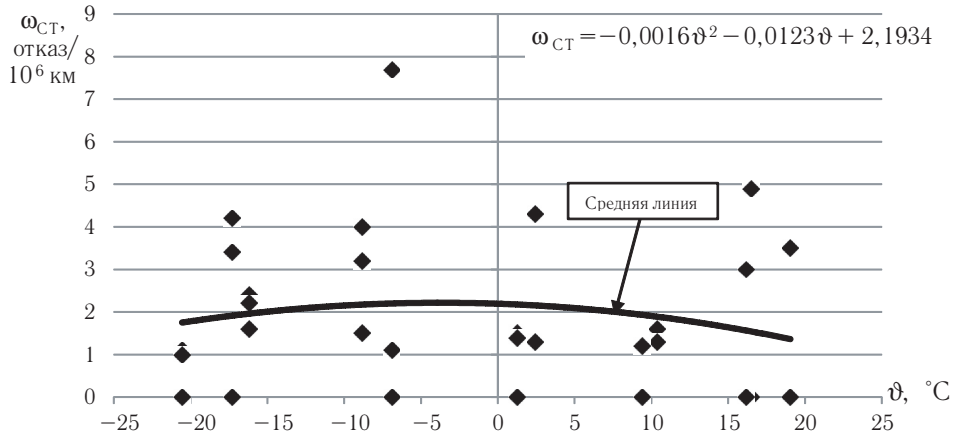


Рис. 2. Динамика параметра потока отказов статоров АВМ АЭ92-4 электровозов ВЛ80Р депо Боготол от температуры воздуха в период с октября 1997 года по март 2000 года

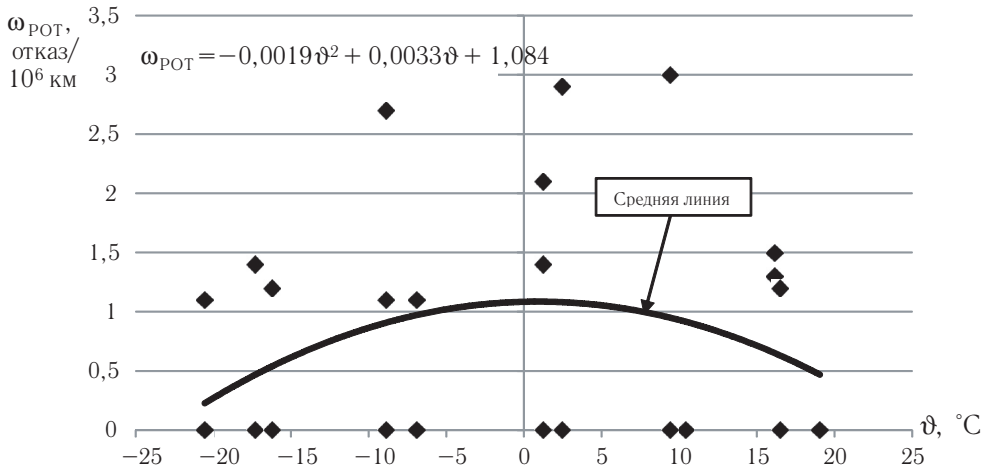


Рис. 3. Изменение параметра потока отказов роторов АВМ АЭ92-4 электровозов ВЛ80Р депо Боготол от температуры воздуха в период с октября 1997 года по март 2000 года

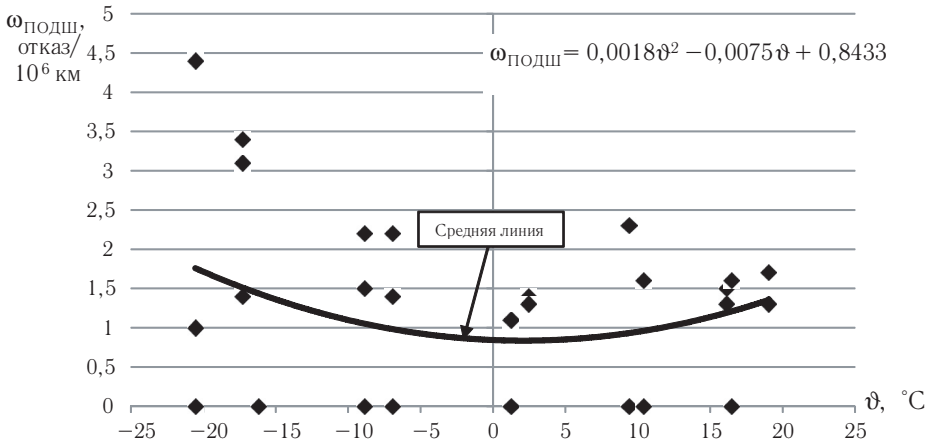


Рис. 4. Зависимость параметра потока отказов подшипниковых узлов АВМ АЭ92-4 электровозов ВЛ80Р депо Боготол от температуры воздуха в период с октября 1997 года по март 2000 года

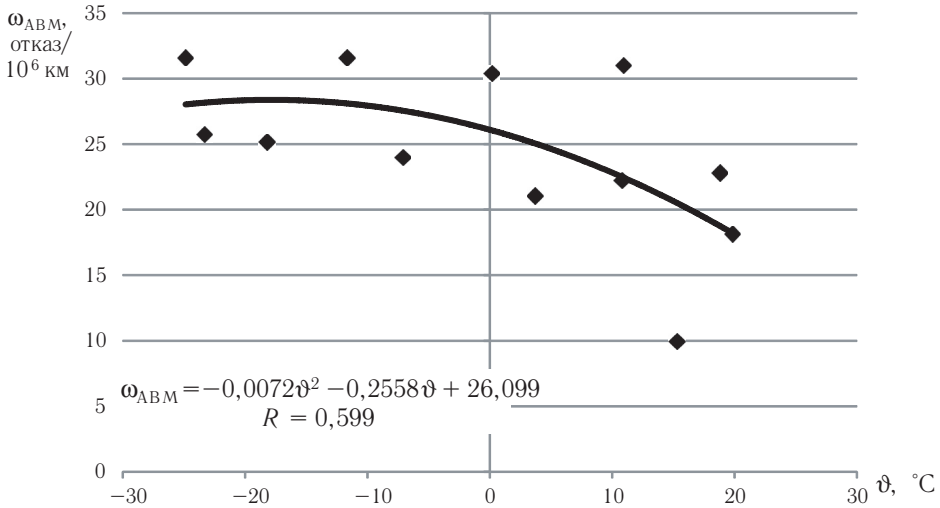


Рис. 5. Зависимость параметра потока отказов АВМ АНЭ225 электровозов ВЛ85 депо Нижнеудинск от температуры воздуха в 2012 году

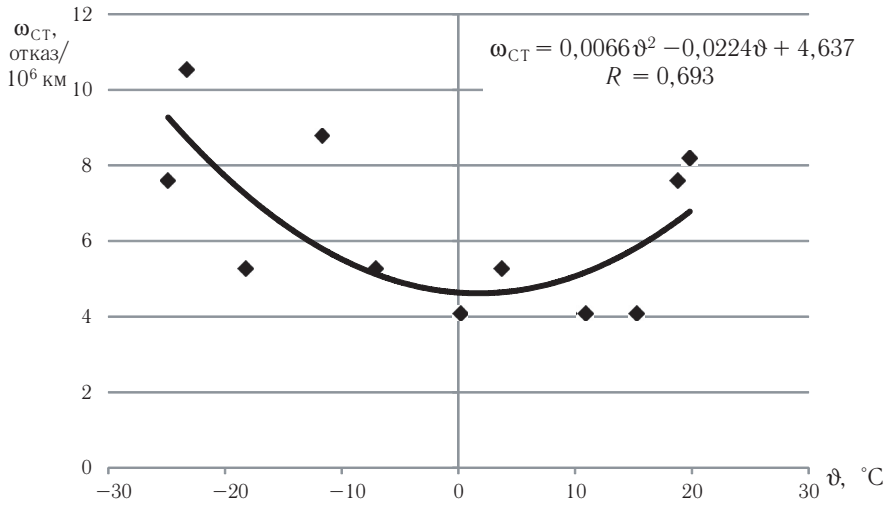


Рис. 6. Динамика параметра потока отказов статоров АВМ АНЭ225 электровозов ВЛ85 депо Нижнеудинск от температуры воздуха в 2012 году

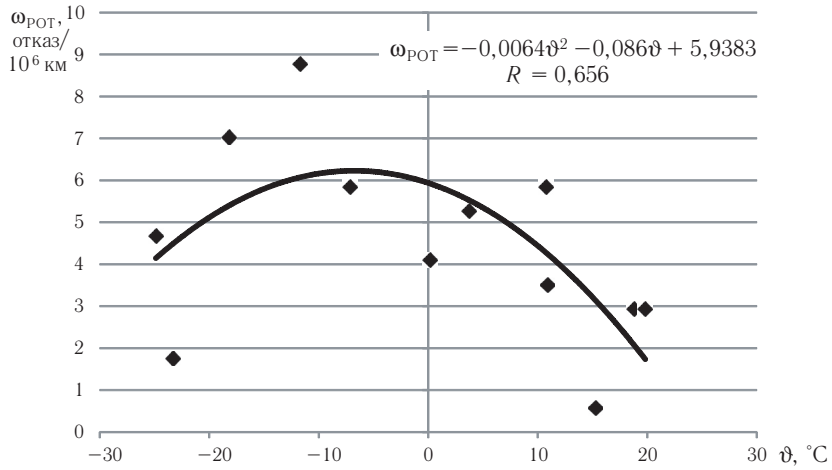


Рис. 7. Изменение параметра потока отказов роторов АВМ АНЭ225 электровозов ВЛ85 депо Нижнеудинск от температуры воздуха в 2012 году

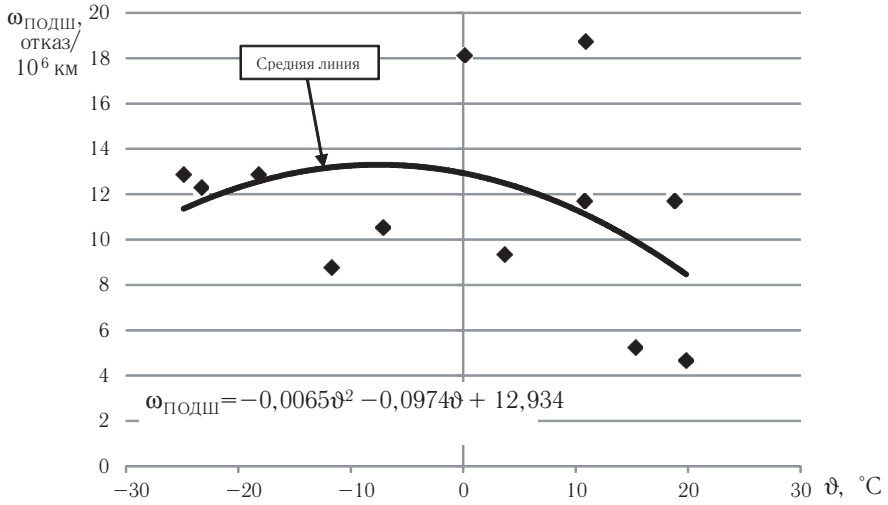


Рис. 8. Зависимость параметра потока отказов подшипниковых узлов АВМ АНЭ225 электровозов ВЛ85 депо Нижнеудинск от температуры воздуха в 2012 году

Вывод

Сравнение параметров потоков отказов узлов АВМ АЭ92-4 электровозов ВЛ80Р и АНЭ225 электровозов ВЛ85 показывает, что параметры потоков отказов статоров, роторов и подшипниковых узлов АВМ АНЭ225 электровозов ВЛ85, соответственно, в 4,2; 6,1 и 9,6 раз превышают аналогичные показатели АВМ АЭ92-4 электровозов ВЛ80Р. Это указывает на необходимость совершенствования конструкции и обслуживания как АВМ АНЭ225, так и его аналога АВМ НВА55, используемого на электровозах 2,3,4 ЭС5К.

Литература

1. Математическая статистика / Под редакцией профессора А.М. Длина. —Москва: Высшая школа, 1975. —400 с. —Текст: непосредственный.

2. Корн, Г. Справочник по математике для научных работников и инженеров. Определения, теоремы, формулы / Г. Корн, Т. Корн. —издание четвертое. —Перевод со второго американского переработанного издания И.Г. Арамановича, А.М. Березмана, И.А. Вайнштейна, Л.З. Румшиского, Л.Я. Цлафа; Под общей редакцией И.Г. Арамановича. —Москва: Наука, Главная редакция физико-математической литературы, 1978. —832 с. —Текст: непосредственный.

3. Кремер, Н.Ш. Теория вероятностей и математическая статистика: Учеб. для студентов вузов, обучающихся по экон. спец. / Н.Ш. Кремер. —2-е изд., перераб. и доп. —Москва: ЮНИТИ: ЮНИТИ-Дана, 2003 (ГУП ИПК Ульян. Дом печати). —573 с. —ISBN 5-238-00573-3. —Текст: непосредственный.

4. Попов, Ю.И. Повышение ресурса тяговых электрических машин электровозов, эксплуатируемых в сложных природно-климатических условиях: специальность 05.09.01 «Электромеханика и электрические аппараты»: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Попов Юрий Иванович. —Москва: ФГАОУ ВПО Российский университет транспорта (МИИТ), 2018. —197 с. —Текст: непосредственный.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СВЧ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ПАКЕТА ПРИСАДОК ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СМАЗОЧНЫХ МАСЕЛ

В.Е. Константинов

Ф.Е. Шарыкин

Приведены результаты экспериментальных исследований применения СВЧ технологий приготовления пакета присадок для производства смазочных масел. Показано, что воздействие СВЧ излучением позволяет снизить энергетические затраты, сократить длительность и снизить температуру приготовления пакета, тем самым повышая эффективность процесса.

Ключевые слова: пакет присадок, СВЧ излучение, смазочное масло, технологии приготовления, энергетические затраты, эффективность процесса

DOI: 10.53883/20749325_2021_04_64

Развитие экономического сектора страны обусловливает внедрение высокоэффективных технологий, позволяющих повышать качество продукции, увеличивать производительность и снижать энергетические затраты при ее освоении и последующем производстве. Эти требования распространяются на все отрасли промышленности, включая железнодорожную. К таким технологиям относится СВЧ излучение, используемое в различных областях промышленности, где требуется быстрый нагрев, воздействие поля на обрабатываемый продукт или материал [1].

В настоящее время для обеспечения моторного парка страны качественными смазочными маслами необходимы не только хорошие базовые масла и пакеты присадок (ПП) к ним, но и эффективные технологии пакетирования присадок основного функционального действия [2;3]. Присадки особенно важное значение имеют для машин, работающих с высокими

Константинов Виталий Евгеньевич, кандидат технических наук, старший научный сотрудник отдела технических средств и технологий заправки горючего ФАУ «25-й ГосНИИ химмотологии Минобороны России». Область научных интересов: совершенствование способов и средств очистки горючего от механических загрязнений и воды. Автор более 60 научных работ.

Шарыкин Федор Евгеньевич, старший научный сотрудник отдела технических средств и технологий заправки горючего ФАУ «25-й ГосНИИ химмотологии Минобороны России». Область научных интересов: технические средства нефтепродуктообеспечения. Автор более 40 научных работ.

Егоров Юрий Михайлович, начальник лаборатории (филиал АО «Объединенная двигателестроительная корпорация» МКБ «Горизонт»). Область научных интересов: разработка и применение СВЧ технологий. Автор 35 научных работ, в том числе двух монографий. Имеет 27 патентов и авторских свидетельств.

Пирогов Евгений Николаевич, кандидат технических наук, доцент кафедры «Транспортное строительство» Российской открытой академии транспорта Российского университета транспорта (РОАТ РУТ (МИИТ)). Область научных интересов: энергосбережение, теплотехника, теплофизика, фильтрование. Автор более 80 научных работ, в том числе двух учебных пособий.

Мойкин Алексей Анатольевич, кандидат химических наук, заместитель директора ООО «Научно-производственное предприятие Квалитет». Область научных интересов: химмотология углеводородных масел. Автор более 30 научных работ.

Драбкина Елена Васильевна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Теплоэнергетика и водоснабжение на транспорте» Российской открытой академии транспорта Российского университета транспорта (РОАТ РУТ (МИИТ)). Область научных интересов: экология на объектах теплоэнергетики железнодорожного транспорта, энергосбережение. Автор 32 научных работ.

энергетическими нагрузками. К ним можно отнести локомотивы, путевые и дорожно-строительные машины, эксплуатация которых предполагает, как реализацию высоких усилий, так и сложные условия работы машин.

Отрасль многотоннажного производства традиционно использует технологические схемы получения ПП различного состава простым смешением компонентов в нужном количественном соотношении с соблюдением определенной последовательности их ввода. Также известно о применении в этих целях СВЧ излучения [4].

Для определения эффективности применения таких технологий проведены экспериментальные исследования с последующим сравнением результатов, полученных по типовой (термической) технологии приготовления ПП и технологии с использованием СВЧ излучения, проведена оценка его влияния на дисперсность пакета. Исследования проводились на экспериментальной установке, принципиальная схема которой представлена на рис. 1.

При типовой технологии приготовления ПП в рабочую камеру с перемешивающим устройством поэтапно добавляли присадки в порядке возрастания их индекса вязкости и нагревали ленточным нагревателем до температуры 60 °С, которую измеряли термопарой. После каждого ввода присадок проводили перемешивание (10–15 мин) компонентов при циркуляционной работе насоса до получения однородного состава, далее нагревали и поддерживали температуру полученной смеси (60 °С) при одновременном перемешивании [4;5].

Способ, основанный на использовании СВЧ технологии, заключался в том, что вместо подогрева до установленной температуры, при перемешивании ПП для их равномерного распределения по всему объему на смесь производилось воздействие СВЧ излучением [4;6].

Как правило, ПП для смазочных масел представляют собой сбалансированную композицию из антиокислительной, противоизносной, моющей, нейтрализующей и диспергирующей присадок. Важным аспектом при их приготовлении является взаимная совместимость компонентов, однородность пакета в объеме, стабильность в процессе транспортировки и хранения. В процессе исследования для приготовления ПП использовали следующие компоненты:

- А-22 (модифицированный бором диалкилдитиофосфат цинка) – 30 кг;
- А-23 (диалкилдитиофосфат цинка) – 14,4 кг;
- С-5А (концентрат алкенилсукцинимида в минеральном масле и непрореагировавшем полибутене) – 35 кг;
- С-150 (среднещелочной сульфонат кальция) – 54 кг;
- OLOA-249S (высокощелочной синтетический сульфонат кальция) – 32,6 кг;

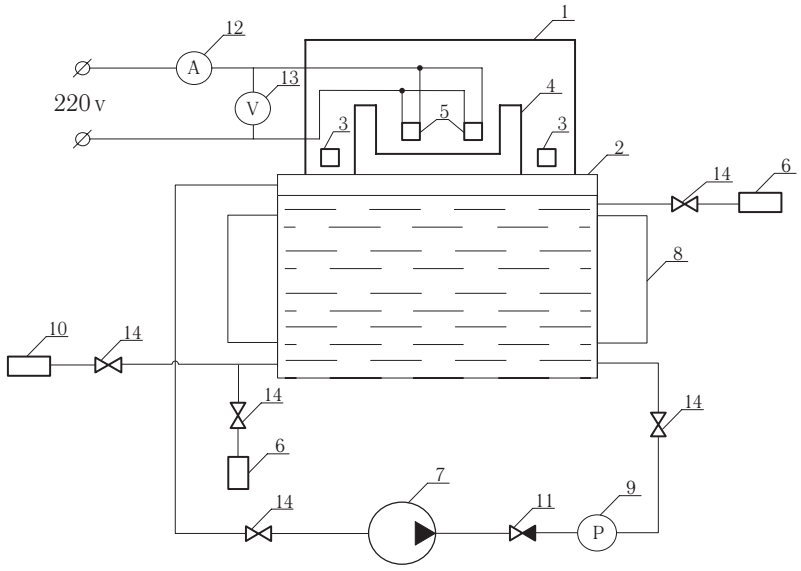


Рис. 1. Принципиальная схема установки для приготовления ПП: 1 – СВЧ генератор; 2 – рабочая камера (резонатор); 3 – магнетрон; 4 – волновой тракт; 5 – блок питания; 6 – термопара; 7 – насос; 8 – ленточный нагреватель; 9 – расходомер; 10 – пробоотборник; 11 – обратный клапан; 12 – амперметр; 13 – вольтметр; 14 – шаровый кран

• OLOA-219 (высокощелочной синтетический фенат кальция) – 25 кг;

• масло индустриальное И-40 (растворитель) – 9 кг.

Отбор проб ПП в ходе эксперимента производили с двух уровней: из верхнего слоя рабочей камеры – пробоотборником, из нижнего слоя продукт отбирался через сливной кран.

При типовой технологии приготовления ПП процесс состоял из 4 этапов. В ходе эксперимента отбирали пробы смеси для определения полноты дозировки компонентов путем контроля элементов, перемешивали смесь без нагрева в течение 10 мин, снова отбирали пробы и определяли энергетические затраты (работу) на приготовление ПП при мощности используемого насоса 1500 Вт по следующей зависимости [5;7]:

$$A = IUt\,, \qquad (1)$$

где I – сила тока, А;

U – напряжение, В;

t – время, затраченное на приготовление ПП по этапам, с.

Технологическая последовательность эксперимента показана в табл. 1,2, схемы приготовления ПП представлены на рис. 2,3.

Приготовление ПП по технологии с применением СВЧ излучения осуществляли в 7 этапов без подогрева используемых компонентов ленточным нагревателем. На первых 3 этапах в рабочую камеру загружали аналогичные присадки и перемешивали. На последующих 4 этапах компоненты перемешивали с воздействием СВЧ излучения (поэтапно) в тече-

Таблица 1

Технологическая последовательность приготовления ПП по типовой технологии

№ п/п	Наименование технологической операции	Время, ч-мин	Температура, °С	Напряжение, В	Сила тока, А	Примечание
1	Загрузка присадок: А-22 – 15 кг; А-23 – 7,2 кг; С-5А – 17,5 кг					
2	Перемешивание и нагрев	10-54 12-15	15,0 60,0	205	4,8	81 мин (1,35 ч)
3	Загрузка присадок: OLOA-249S – 16,3 кг; С-150 – 27 кг					
4	Перемешивание и нагрев	12-24 13-36	35,0 60,0	205	4,8	72 мин (1,22 ч)
5	Отбор проб № 1 (верх, низ)					
6	Загрузка присадок и масла индустриального (растворителя): OLOA-219 – 12,5 кг; И-40 – 4,5 кг					
7	Перемешивание и нагрев	13-44 14-03	48,0 60,0	205	4,8	19 мин (0,32 ч)
8	Отбор проб №2 (верх, низ)					
9	Перемешивание без нагрева	14-16 14-26	55,0 60,0	–	–	10 мин (0,17 ч)
10	Отбор проб № 3 (верх) № 4 (низ)					
ВСЕГО (100 кг)						182 мин (3,04 ч)

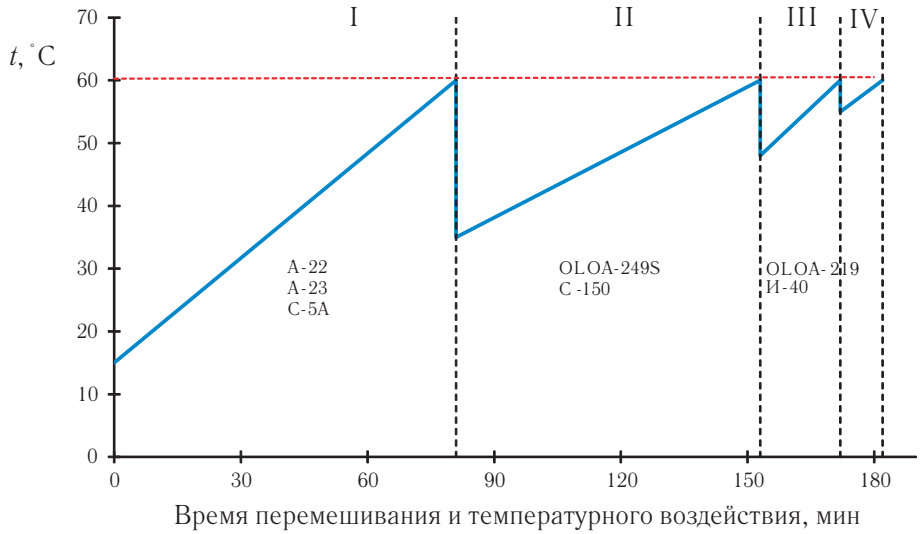


Рис. 2. Схема приготовления ПП по термической технологии

ние 10 мин. Время перемешивания на каждом этапе устанавливалось исходя из необходимости однократной обработки объема продукта в рабочей камере. Далее отбирали пробы для анализа и производили расчет энергетических затрат по известной зависимости (1).

Продолжительность приготовления ПП по типовой технологии с нагревом до 60 °С составила 182 мин (работа насоса и нагрев смеси – 172 мин, перемешивание без нагрева – 10 мин), по технологии с применением СВЧ излучения – 45 мин (работа насоса – 25 мин и работа насоса с воздействием СВЧ излучения – 20 мин) с учетом снижения стабильности пакета при воздействии СВЧ излучения более 20 мин, т.е. 6–7 этапы исключались.

Контроль элементов (цинка и кальция) осуществляли методом комплексонометрического титрования по ГОСТ 13538 [8]. Определение дисперсности ПП проводили путем измерения оптической плотности раствора методом ИК-спектроскопии на инфракрасном Фурье спектрофотометре Avatar 360-esp (Nicolette). Величину дисперсности вычисляли по формуле [9]:

$$C_k = \left(1 - \frac{Д_{670}}{Д_{490}}\right)100, \qquad (2)$$

где $Д_{670}$ и $Д_{490}$ – оптическая плотность раствора при длине волны 670 нм и 490 нм соответственно.

Результаты анализа проб ПП представлены в табл. 3.

Дисперсность ПП, приготовленного по типовой технологии (84,6%), оказалась незначительно меньше, чем у ПП, приготовленного с применением СВЧ излучения (86,2%). При этом, обе технологи приготовления ПП дают практически одинаковые показатели при контроле элементов.

На рис. 4 показано влияние СВЧ излучения на дисперсность ПП на стадии приготовления. После 20 мин воздействия (t=38 °С) дисперсность ПП (86,2%) начинает снижаться, поэтому в дальнейшей обработке СВЧ излучением отсутствует необходимость.

Анализируя полученные данные, можно предположить, что СВЧ излучение, воздействуя на структуру молекул самих присадок, влияет на скорость агрегативных и химических реакций, является, своего рода, синергией. Однако, при повышении температуры ПП более 38 °С воздействие СВЧ излучения приводит к взаимодействию компонентов между собой, разрушению связей между присадками, снижая дисперсность пакета, и как следствие его стабильность.

В табл. 4 приведены расчеты энергетических затрат при приготовлении ПП по типовой технологии и с использованием СВЧ излучения, выраженных во внесистемных единицах (кВт·ч).

Согласно данных табл. 4, при приготовлении ПП в количестве 100 кг по типовой технологии удельный расход энергии составил 7,37/100=0,0737 кВт·ч/кг, затраты энергии в единицу времени (1 ч) – 7,37/3,04=2,42 кВт·ч/ч. При приготовлении того же ПП с воздействием СВЧ излучения удельный расход энергии составил 2,08/100=0,0208 кВт·ч/кг, расход энергии в единицу времени (1 ч) – 2,08/0,76=2,74 кВт·ч/ч.

Таблица 2

Технологическая последовательность приготовления ПП по технологии с воздействием СВЧ излучения

№ п/п	Наименование технологической операции	Время, ч-мин	Температура, °С	Напряжение, В	Сила тока, А	Примечание
1	Загрузка присадок: А-22 – 15 кг; А-23 – 7,2 кг; С-5А – 17,5 кг					
2	Перемешивание насосом без нагрева	9-20 9-28	18,0	–	–	8 мин (0,13 ч)
3	Загрузка присадок: OLOA-249S – 16,3 кг; С-150 – 27 кг					
4	Перемешивание насосом без нагрева	9-33 9-40	18,0 19,0	–	–	7 мин (0,12 ч)
5	Загрузка присадок и масла индустриального (растворителя): OLOA-219 – 12,5 кг; И-40 – 4,5 кг					
6	Перемешивание без нагрева	9-41 9-51	19,0 21,0	–	–	10 мин (0,17 ч)
7	Перемешивание с воздействием СВЧ излучения	10-06 10-16	21,0 29,0	200	13,8	10 мин (0,17 ч) (СВЧ)
8	Отбор проб №5 (верх, низ)					
9	Перемешивание с воздействием СВЧ излучения	10-42 10-52	29,0 38,0	200	13,8	10 мин (0,17 ч) (СВЧ)
10	Отбор проб №6 (верх, низ)					
11	Перемешивание с воздействием СВЧ излучения	10-45 10-55	38,0 44,0	200	13,8	10 мин (0,17 ч) (СВЧ)
12	Отбор проб №7 (верх, низ)					
13	Перемешивание с воздействием СВЧ излучения	10-59 11-09	44,0 48,0	200	13,8	10 мин (0,17 ч) (СВЧ)
14	Остановка, отбор проб №8 (низ)					
ВСЕГО (100 кг)						65 мин (1,1 ч)

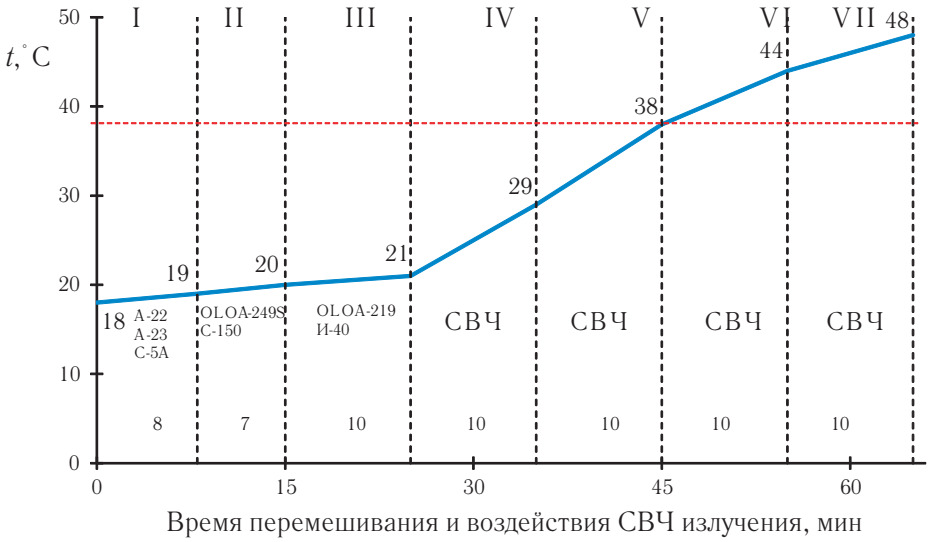


Рис. 3. Схема приготовления ПП с воздействием СВЧ излучения

Таблица 3

Результаты контроля элементов в пробах ПП, их дисперсность

№ п/п	Номер пробы	Содержание, %		Дисперсность, %
		кальций	цинк	
типовая (термическая) технология приготовления				
1	№ 1 (верх)	5,1	2,65	84,0
2	№ 1 (низ)	5,18	2,62	84,2
3	№ 2 (верх)	5,24	2,46	84,6
4	№ 2 (низ)	5,22	2,41	78,4
5	№ 3 (верх)	5,24	2,33	72,0
6	№ 4 (низ)	5,27	2,32	75,4
технология приготовления с воздействием СВЧ излучения				
1	№ 5 (верх)	5,31	2,24	86,0
2	№ 5 (низ)	5,31	2,23	86,0
3	№ 6 (верх)	5,37	2,21	86,0
4	№ 6 (низ)	5,32	2,21	86,2
5	№ 7 (верх)	5,35	2,14	86,2
6	№ 7 (низ)	5,34	2,18	82,7
7	№ 8 (низ)	5,38	2,16	68,8

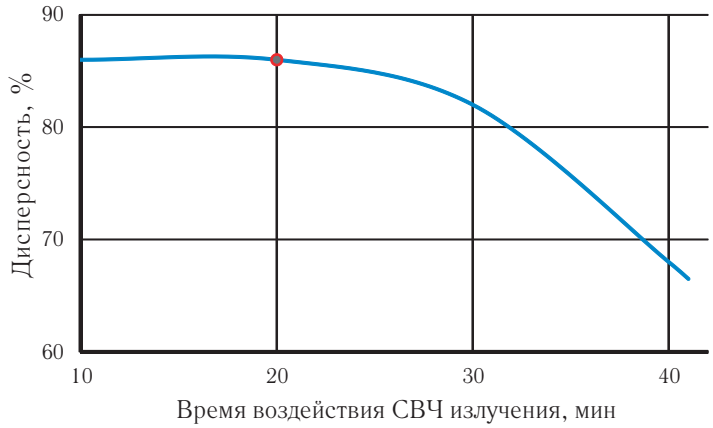


Рис. 4. Зависимость дисперсности ПП от времени воздействия СВЧ-излучения

Таблица 4

Энергетические затраты при приготовление ПП по типовой технологии и с применением СВЧ излучения

№ п/п	Наименование технологической операции	Время, мин (ч)	Затраченная энергия, кВт·ч
типовая (термическая) технология приготовления			
1	Перемешивание и нагрев	81 (1,35)	((205×4,8×81×60)+(1500×81×60))/ /1000×3600=3,35
2	Перемешивание и нагрев	72 (1,2)	((205×4,8×72×60)+(1500×72×60))/ /1000×3600=2,98
3	Перемешивание и нагрев	19 (0,32)	((205×4,8×19×60)+(1500×19×60))/ /1000×3600=0,79
4	Перемешивание без нагрева	10 (0,17)	1500×10×60/1000×3600=0,25
ИТОГО		182 (3,04)	7,37
технология приготовления с воздействием СВЧ излучения			
1	Перемешивание без нагрева	8 (0,13)	(1500×8×60)/1000×3600=0,2
2	Перемешивание без нагрева	7 (0,12)	(1500×7×60)/1000×3600=0,18
3	Перемешивание без нагрева	10 (0,17)	(1500×10×60)/1000×3600=0,26
4	Перемешивание с обработкой СВЧ излучением	10 (0,17)	(200×13,8+1500)×10×60/1000×3600=0,72
5	Перемешивание с обработкой СВЧ излучением	10 (0,17)	(200×13,8+1500)×10×60/1000×3600=0,72
6	Перемешивание с обработкой СВЧ излучением	10 (0,17)	(200×13,8+1500)×10×60/1000×3600=0,72
7	Перемешивание с обработкой СВЧ излучением	10 (0,17)	(200×13,8+1500)×10×60/1000×3600=0,72
ИТОГО (общее время эксперимента): время готовности ПП:		 65 (1,1) 45 (0,76)	 3,52 2,08

Сравнение энергетических показателей приготовления ПП по типовой технологии и с воздействием СВЧ излучения при практически одинаковых характеристиках пакета и затратах энергии в единицу времени (2,42 и 2,74 кВт · ч/ч) свидетельствует о преимуществе последней:

- сокращение времени приготовления ПП в 4 раза (3,04/0,76=4);
- уменьшение энергетических затрат на единицу смеси более чем в 3,5 раза (0,0737/0,0208=3,54);
- снижение температуры приготовления ПП на 22 ˚С (60˚−38˚=22 ˚С).

Результаты проведенных исследований показали, что использование СВЧ излучения для приготовления ПП позволяет создать стабильные маслорастворимые пакеты, снизить энергетические затраты, тем самым повышая эффективность технологического процесса их приготовления [10;11]. Изучение влияния параметров СВЧ излучения на агрегативные и химические процессы в нефтепродуктах, в том числе смазочных маслах, представляет важный практический интерес и является предметов дальнейших исследований.

Литература

1. Установка для исследования влияния воздействия электромагнитного поля СВЧ на изменение физико-химических свойств нефтепродуктов в потоке. Патент 113586 РФ / О.В. Бельский, Ю.М. Егоров, С.А. Галко, Н.Е. Сыроедов, Ф.Е. Шарыкин. Опубл. 20.02.2012, бюл. № 5.

2. Черножуков, Н.И. Технология переработки нефти и газа. Ч.3. Очистка и разделение нефтяного сырья, производство товарных нефтепродуктов / Н.И. Черножуков; под ред. А.А. Гуреева, Б.И. Бондаренко. −6-е изд., перераб. и доп. −Москва: Химия, 1978. −424 с. −Текст: непосредственный.

3. Топлива, смазочные материалы, технические жидкости. Ассор-тимент и применение: справочник / И.Г. Анисимов, К.М. Бадыштова, С.А. Банатов и др.; под ред. В.М. Школьникова. −2-е изд., перераб. и доп. −Москва: Техинформ, 1999. −596 с. −Текст: непосредственный.

4. Юсупалиев, У. Удельная энергия образования вещества, синтезированного с помощью СВЧ излучения / У. Юсупалиев, Ю.М.Егоров. −Текст: непосредственный // Краткие сообщения по физике ФИАН. −2006. −№ 9. −С. 38−43.

5. Способ смешивания жидких веществ. Патент 2158175 РФ /Ю.М. Егоров, С.Н. Бобков, В.В. Люшин, А.Н. Ларюшкин, С.В. Дьячков. Опубл. 27.10.2000, бюл. №30.

6. Дорочинская, В.А. Присадки к топливам и смазочным материалам: учебное пособие / В.А. Дорогочинская, А.М. Данилов, Б.П. Тонконогов. −Москва: Издательский центр РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, 2017. −290 с. −ISBN 978-5-91961-240-7. −Текст: непосредственный.

7. Бутиков, Е.И. Физика для углубленного изучения. Электродинамика. Оптика / Е.И.Бутиков, А.С. Кондратьев. Кн. 2. −Москва: Физ-матлит, 2004. −336 с. −Текст: непосредственный .

8. ГОСТ 13538-68. Присадки и масла с присадками. Метод определения содержания бария, кальция и цинка комплексонометрическим титрованием = Additives and lubricating oils with additives. Method for determination of barium, calcium and zinc contens by complexonometric titration: межгосударственный стандарт: издание официальное :утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 23.02.68. №297: взамен ГОСТ 7187-58, ГОСТ 9807-61,ГОСТ 12060-66: дата введения 1969-01-01: переиздание (март 1999 г.) с Изменениями № 1, 2, 3, 4, утвержденными в марте 1978 г., ноябре 1981 г., июне 1986 г. и июне 1990 г. (ИУС 3-78, 2-82, 9-86, 10-90): разработан и внесен Министерством химической и нефтеперерабатывающей промышленности СССР. −Москва: ИПК Издательство стандартов, 1999. −10 с. −Текст: непосредственный.

9. Бескова, А.В. Разработка пакета присадок к минеральным гидравлическим маслам: специальность 02.00.13 «Нефтехимия»: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Бескова Анастасия Викторовна. −Уфа, 2018. −168 с. −Текст: непосредственный.

10. Галко, С.А. Совершенствование технологий обеспечения качества нефтепродуктов / С.А. Галко, Н.Е. Сыроедов, Ф.Е. Шарыкин. −Текст: непосредственный // Нефтепереработка и нефтехимия. −2012. −№4. −С. 49−51.

11. Кулиев, А.М. Химия и технология присадок к маслам и топливам/ А.М. Кулиев. −2-е изд., перераб.−Ленинград: Химия, 1985. −312 с. −Текст: непосредственный.

ПОСТРОЕНИЕ СТРУКТУРНОЙ МОДЕЛИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА РЕМОНТА ВАГОНОВ

К.А. Сергеев

О.Ю. Кривич

Рассмотрены вопросы моделирования технологического процесса ремонта вагонов, используя декомпозицию. Данный метод является удобным приемом предварительной разгруппировки единиц совокупности, таких как вагон или конкретный узел.

Ключевые слова: производство, обслуживание, ремонт вагонов, нормирование, запасные части

DOI: 10.53883/20749325_2021_04_72

Современный вагон представляет собой сложную конструкцию, состоящую из большого количества узлов и деталей. В свою очередь узлы могут состоять из вложенных узлов и деталей и т.д. В итоге счете все узлы раскладываются на отдельные детали или элементы. При построении структурной модели технологического процесса ремонта вагонов возможно использовать принцип декомпозиции. Декомпозиция позволяет заменить решение одной большой задачи, решением меньших (вложенных) задач. Воспользуемся некоторыми понятиями. Узлы будем называть объектами. Таким образом каждый объект О разбивается на элементы ($o_{ij} \in O$) (рисунок). Совокупность объектов и элементов представляет собой иерархическую (древовидную) модель объекта О, который может неограниченно расширяться как в ширину, так и в глубину (вложенность объектов и элементов). На рисунке показана модель объекта, состоящая из фиксированного числа n иерархических уровней и количества элементов j на конкретном уровне.

Учитывая описанное выше и применяя метод декомпозиции, можно написать:

$$O=\{O_1, O_2,..., O_i..., O_n\}, \quad (1)$$

где О – совокупность элементов объекта;

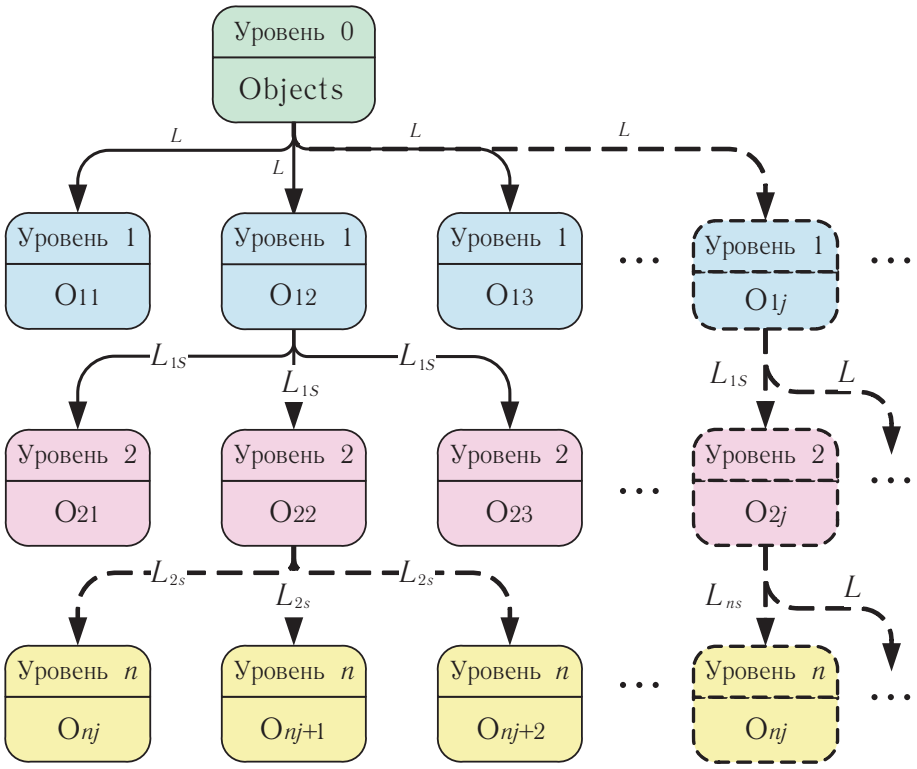
$O_1=\{o_{11}, o_{12},..., o_{1j},..., o_{1M1}\}$ – элементы 1-го уровня,

($o_{1j} \in O_1$, $1< j <N_1$);

Сергеев Константин Александрович, доктор технических наук, доцент кафедры «Нетяговый подвижной состав» Российской открытой академии транспорта Российского университета транспорта (РОАТ РУТ (МИИТ)). Область научных интересов: технологическая подготовка производства вагоноремонтных предприятий. Автор 135 научных работ, в том числе двух монографий.

Кривич Ольга Юрьевна, кандидат технических наук, доцент, начальник Учебного отдела учебно-методического многофункционального центра Российской открытой академии транспорта Российского университета транспорта (РОАТ РУТ (МИИТ)). Область научных интересов: повышение эффективности технологической подготовки вагоноремонтного производства, оценка потребительских свойств продукции железнодорожного транспорта. Автор 47 научных работ.

Сергеев Иван Константинович, ассистент кафедры «Вагоны и вагонное хозяйство» Института транспортной техники и систем управления Российского университета транспорта (ИТТСУ РУТ (МИИТ)). Область научных интересов: динамика и прочность подвижного состава. Автор 10 научных работ.



Рисунок

$O_2=\{o_{21}, o_{22},..., o_{2j},..., o_{2M2}\}$ – элементы 2-го уровня,

$(o_{2j} \in O_2, 1< j <N_2)$;

$O_i=\{o_{i1}, o_{i2},..., o_{ij},..., o_{iMi}\}$ – элементы i-го уровня,

$(o_{ij} \in O_i, 1< j <N_j)$;

$O_n=\{o_{n1}, o_{n2},..., o_{nj},..., o_{nMn}\}$ – совокупность элементов n-го уровня,

$(o_{nj} \in O_n, 1< j <N_n)$;

N_i – количество элементов i-го уровня (мощность множества O_i).

Связи между элементами имеют следующий вид:

$$L=\{L_1, L_2,..., L_i,..., L_n\}, \quad (2)$$

где L – множество связей между элементами системы;

$L_1=\{l_{11}, l_{12},..., l_{1j},..., l_{1S1}\}$ – совокупность межуровневых связей элементов на 1-м уровне,

$(l_{1j} \in L_1, 1< j <X_1)$;

$L_2=\{l_{21}, l_{22},..., l_{2j},..., l_{2S2}\}$ – совокупность межуровневых связей элементов на 2-м уровне,

$(l_{2j} \in L_2, 1< j <X_2)$;

$L_i=\{l_{i1}, l_{i2},..., l_{ij},..., l_{iSi}\}$ – совокупность межуровневых связей элементов на i-м уровне,

$(l_{ij} \in L_i, 1< j <X_i)$;

$L_n=\{l_{n1}, l_{n2},..., l_{nj},..., l_{nSn}\}$ – совокупность межуровневых связей элементов на n-м уровне,

$(l_{nj} \in Ln, 1< j <X_n)$;

Xi – количество связей элементов на i-м уровне.

Модель технологического процесса ремонта вагонов можно представить как объект O – совокупность элементов вагона, которая в свою очередь разбивается на o_{nMn}-ую совокупность элементов n-го уровня, имеющую L_n связей. Применение данного метода позволяет существенно упростить модель технологического процесса ремонта вагонов.

ВЗАИМОСВЯЗЬ ТЕХНИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ С ЗАДАЧАМИ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА ПРИ НЕПРЕРЫВНОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ ПОДДЕРЖКЕ ПРОИЗВОДСТВА

В.А. Бугреев

А.П. Чехов

Рассмотрены вопросы, позволяющие использовать информационные технологии как основу системы менеджмента качеством при проектировании и производстве электротехнических и радиоэлектронных изделий.

Ключевые слова: жизненный цикл, электронные устройства, объект диагностики, менеджмент качества

DOI: 10.53883/20749325_2021_04_74

Для оценки эффективности мероприятий по повышению требуемого качества выпускаемой продукции на всех этапах жизненного цикла изделия особое значение уделяется контролю и диагностике.

Жизненный цикл – совокупность процессов создания, ремонта и утилизации единицы подвижного состава или сложной технической системы железнодорожного транспорта [1].

Управление качеством продукции на всех этапах жизненного цикла изделия радиоэлектронной аппаратуры (РЭА), включающего в себя проектирование, технологическую подготовку производства, производство, эксплуатацию, утилизацию, неразрывно связано с операциями контроля и диагностики.

На рис. 1 представлена последовательность этапов жизненного цикла, которые проходят радиоэлектронные изделия. При этом необходимо выделить: объекты диагностирования (ОД) – техническое устройство, подвергаемое мониторингу технического состояния [2] (ОД – 1, 2, 3, 4); требуемые положительные технические состояния (ТС) – совокупность свойств ОД, которые изменяются в процессе его производства или эксплуатации и определены технической документацией (ТС – 5, 6, 7, 8,) ОД; планирование задач диагностирования (ПЗД – 9, 10, 11, 12); выполнение задач диагности-рования (ВЗД – 13, 14, 15, 16) [3].

Жизненный цикл – период смены модели или изделия – имеет различные стадии и возникающие при

Бугреев Виктор Алексеевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Электрификация и электроснабжение» Российской открытой академии транспорта Российского университета транспорта (РОАТ РУТ (МИИТ)). Область научных интересов: надежность сложных технических систем. Автор более 70 научных работ, в том числе трех монографий. Имеет 16 патентов на изобретения.

Чехов Антон Павлович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Электрификация и электроснабжение» Российской открытой академии транспорта Российского университета транспорта (РОАТ РУТ (МИИТ)). Область научных интересов: электрические машины, информационные технологии в производстве. Автор 43 научной работы, в том числе двух монографий и семи учебных пособий. Имеет три патента на изобретения.

Чехов Павел Антонович, аспирант кафедры «Электрификация и электроснабжение» Российской открытой академии транспорта Российского университета транспорта (РОАТ РУТ (МИИТ)). Область научных интересов: информационные технологии в системе «РЖД». Автор четырех научных работ, в том числе одного учебного пособия.

Борисова Наталья Алексеевна, преподаватель Областного бюджетного государственного профессионального образовательного учреждения «Рязанский железнодорожный колледж». Область научных интересов: информационные технологии. Автор трех научных работ. Имеет один патент на изобретение.

этом нарушения, поэтому необходима единая методологическая основа для решения задач технической диагностики. На стадиях проектирования, технологической подготовки, производства, эксплуатации и утилизации изделий при проверке технического состояния изделий необходимо решить следующие задачи: оптимально планировать и выполнять задачи контроля и диагностики и оперативно разрабатывать рекомендации для обеспечения заданного уровня качества и надежности, особенно на этапах разработки и эксплуатации изделий.

Техническая прогностика занимается экстраполяцией, продлением тенденций развития того или иного явления, сложившихся в прошлом на будущее, что в нашем исследовании связано с надежностью и выходом годных изделий.

Техническая генетика обращается к прошлому, рассматривает задачи возникновения причин отказов, что для этапа производства связано с анализом причин брака, потери работоспособности и выхода годных изделий.

Все перечисленные задачи являются информационной основой системы управления качеством РЭА.

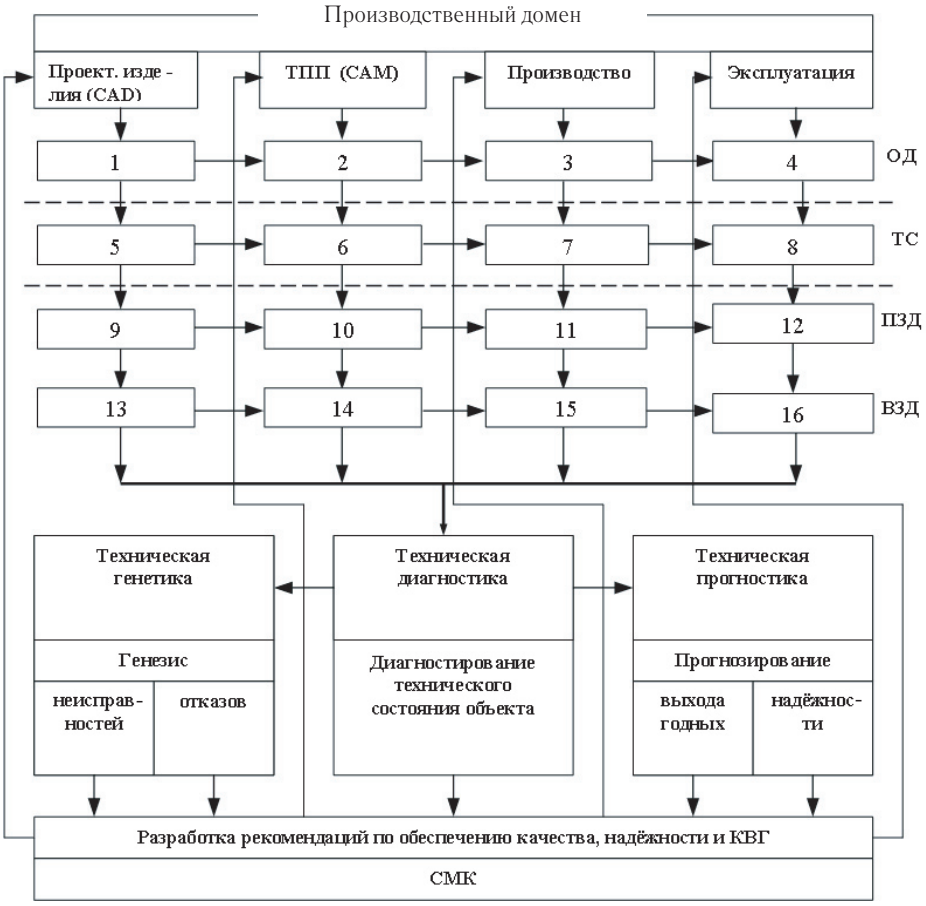


Рис. 1. Взаимосвязь операций контроля и диагностики с задачами управления качеством: ТПП – технология процесса производства; КВГ – контроль выхода годных; СМК – система менеджмента качества; 1 – документы (ТЗ, техническая документация); 2 – документы (конструкторско-технологическая документация); 3 – узлы РЭА, технологический процесс изготовления аппаратуры, средства технологического оснащения (СТО); 4 – эксплуатируемая РЭА; 5 – безошибочное или работо-способное состояние; 6 – качество принимаемых технологических решений; 7 – «годен», исправное или работоспособное состояние; 8 – состояние правильного функционирования; 9 – разработка программы диагностирования проекта; 10 – выбор критерия технико-экономического обоснования; 11 – разработка программ входного, межоперационного и выходного контроля; 12 – планирование ремонтно-восстановительных работ; 13 – диагностирование проектов; 14 – технико-экономическая оценка варианта технологического процесса (ТП); 15 – измерение, контроль и диагностика элементов и узлов РЭА; 16 – эксплуатационный контроль и диагностика РЭА

Представленная схема позволяет рассматривать информационные технологии как основу системы менеджмента качества при проектировании и производстве радиоэлектронных изделий.

Проведенные статистические исследования показали, что значительная доля дефектов в изделиях РЭА закладывается на этапе их изготовления.

Полученные на основе анализа отказов данные свидетельствуют, что основная доля дефектов закладывается в изделие РЭА во время его изготовления (таблица). Поэтому основное внимание уделим этапу изготовления радиоэлектронного изделия.

При изготовлении радиоэлектронных изделий все необходимые для обеспечения качества операции по контролю и диагностике разделим на три этапа:

- входной контроль, производится с целью не допустить запуска в производство изделий, не соответствующих требованиям нормативно-технической документации;
- операционный контроль заключается в проверке соответствия различных производственных операций требованиям технологической документации;
- выходной, производственный контроль обнаруживает дефекты в результате производственных испытаний.

В настоящее время трудоемкость контрольно-испытательных операций составляет 40–50% общей трудоемкости изготовления средств РЭА [4]. Информационная составляющая системы менеджмента качества может быть представлена как иерархическая структура, основанная на анализе данных операций входного, операционного и выходного контроля и диагностики с отличающимися поставленными задачами менеджмента качества и временными циклами их исполнения.

Нижний уровень иерархии – режим «жесткого реального времени». Как правило, принято совмещать операции входного контроля компонентов радиоэлектронных устройств с решением производственной задачи по установке их на печатную плату. Анализ контрольно-диагностических операций позволяет корректировать установку элементов, заменять несоответствующую деталь, влиять на изменение позиционирования на плате, не устанавливать выходящий за допуски элемент, не нарушая при этом времени сборки печатной платы, установленного регламентом.

Средний уровень иерархии – режим «мягкого реального времени». Применяется на этапе межоперационных контрольно-диагностических мероприятий, результат отправление изделия на настройку и регулировку или принятие решения о ремонте.

Высший уровень иерархии является основой единой системы управления качеством, включая тактические и стратегические задачи, включает анализ неисправностей, выявленных на всех этапах диагностики, причины их возникновения, способы устранения дефектов в дальнейшем производственном процессе.

Рассмотренная иерархия управления качеством позволяет применить полученные данные измерительных и контрольно-диагностических операций, влияя на управление технологическими операциями производства, настройкой и регулировкой образцов, ремонтом и восстановлением в соответствии с этапом жизненного цикла.

На всех этапах жизненного цикла изделия необходимы взаимодействие с системой менеджмента качества и оперативный и полный доступ к данным по диагностике и анализу отказов изделия, поэтому основой системы является информационная среда, позволяющая автоматизированно документировать и хранить все этапы по обеспечению качества и управлять ими с наименьшими временными задержками. Интегрированная автоматизированная система управления (ИАСУ) применятся в целях достижения высоких экономических показателей работы путем предоставления необхо-

Таблица

Распределение дефектов на этапе разработки и производства РЭА

Вид РЭА и объем выборки	Вид дефекта			
	Дефекты при разработке электрических схем	Дефекты при конструировании	Дефекты при поставке	Дефекты при изготовлении
Блоки, узлы РЭА на печатных платах N=500 шт.	0,032	0,008	0,14	0,820
Дефекты, вызванные функционированием автоматизированного КИО – 0,532				
Дефекты, вызванные работой человека-оператора – 0,468				

димых и достаточных информационных ресурсов и средств управления этими ресурсами при принятии решений управляющим персоналом на всех уровнях, а также автоматизации производственных процессов. Система управления менеджментом качества является важной составляющей ИАСУ, основанной на CALS технологиях. Поэтому система менеджмента качества должна использовать форматы, описанные CALS стандартами, а информационные объекты должны соответствовать корпоративной информационной системе предприятия.

Использование CALS технологий при разработке и изготовлении электродвигателей позволяет конструкторам после внесения изменений в заказ оценить изменения в проекте в более короткое время, что расширяет возможность совместной работы заказчика и исполнителя в процессе согласования технического задания, прогнозирования его выполнения и дальнейшей корректировки (рис. 2).

Время, необходимое на подготовку производства нового электродвигателя после внедрения CALS технологий, сокращается с 8000 до 1200 нормочасов, за счет эффективного параллельного выполнения работ, создания и использования оперативно корректируемой электронной базы данных [5].

Рис. 2. Возможности пользователя при проектировании электрической машины на основе единого информационного пространства

Литература

1. Методика определения стоимости жизненного цикла и лимитной цены подвижного состава и сложных технических единиц железнодорожного транспорта. Распоряжение ОАО «РЖД» от 27 декабря 2007г. №2459р.

2. Науменко, А.П. Теория и методы мониторинга и диагностики: материалы лекций / А.П. Науменко. –Омск: ОмГТУ,2017. –154 с. –ISBN 5-81149-0138-1. –Текст: непосредственный.

3. Байда, Н.П. Самообучающиеся анализаторы производственных дефектов РЭА / Н.П. Байда, В.И. Месюра, А.М. Роик. – Москва: Радио и связь, 1991. –256 с. –ISBN 5-256-00463-8. –Текст: непосредственный.

4. Испытания радиоэлектронной, электронно-вычислительной аппаратуры и испытательное оборудование: учебное пособие для вузов по специальностям «Конструирование и производство радиоаппаратуры», «Конструирование и производство электронно-вычислительной аппаратуры» / О. П. Глудкин и др.; под ред. А.И. Коробова. –Москва: Радио и связь, 1987. –271 с. –Текст: непосредственный.

5. Информационно-вычислительные системы в машиностроении CALS-технологии / Ю.М. Соломенцев, В.Г. Митрофанов, В.В. Павлов, А.В. Рыбаков; Отв. ред. Ю.М. Соломенцев; Рос. акад. наук. Ин-т конструктор.-технолог. информатики. –Москва: Наука, 2003 (ПИК ВИНИТИ). –290 с. –ISBN 5-02-006261-8. –Текст: непосредственный.

ПРИМЕНЕНИЕ RFID-ТЕХНОЛОГИИ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

Д.В. Корягин

Рассматривается возможность внедрения RFID-технологии в работе железнодорожного транспорта как одного из аспектов цифровизации железной дороги. Описывается общий принцип работы данной технологии. Проанализированы положительные и отрицательные стороны внедрения данной технологии.

Ключевые слова: безопасность, железнодорожный транспорт, RFID, тормозные башмаки, цифровизация

DOI: 10.53883/20749325_2021_04_78

Основной целью цифровизации отрасли является повышение уровня устойчивой конкурентоспособности железнодорожного транспорта на глобальном рынке транспортных и логистических услуг при обеспечении безопасности движения поездов за счет использования современных цифровых технологий.

Но, несмотря на развитие цифровых технологий в работе железнодорожного транспорта, на сети применяются устаревшие устройства и технологии управления ими. Одним из таких примеров является повсеместное применение тормозных башмаков для закрепления вагонов на путях станции, а также контроль за их сохранностью путем обхода и натурного их осмотра работниками, закрепленными в технически-распорядительном акте станции (ТРА станции), каждые четыре часа.

В последнее время участились случаи фиктивной проверки закрепления на станционных путях. Как следствие, происходят уходы вагонов, ввиду неправильных норм закрепления, в части укладки меньшего количества тормозных башмаков и отсутствия барьерных функций и взаимоконтроля между работниками хозяйства перевозок и локомотивной службы, а также кража тормозных башмаков, находящихся не в накате ободом колеса вагона. Подтверждением данных фактов являются случаи на станции Клинцы Московской железной дороги (кража шести тормозных башмаков посторонними лицами), и на станции Амазар Забайкальской железной дороги (халатность, приведшая к уходу незакрепленного специального самоходного подвижного состава работниками локомотивной бригады). Данные случаи, к сожалению, не единичны.

Одним из способов цифровизации вышеописанного процесса закрепления вагонов может быть применение технологий RFID (Radio Frequency Identification) – способ автоматической идентификации объекта при помощи радиоприемника и передатчика (считывателя или метки, соответственно). Данные идентификации хранятся на метке, размещенной на объекте идентификации и передаются считывателю. В некоторых

Корягин Денис Вадимович, аспирант кафедры «Железнодорожные станции и транспортные узлы» Института управления и цифровых технологий Российского университета транспорта (ИУЦТ РУТ (МИИТ)). Область научных интересов: цифровизация железнодорожного транспорта. Автор двух научных работ.

случаях, считыватель не автономен и передает принятую информацию на автоматизированное рабочее место (АРМ) для последующей обработки.

Задачей RFID-системы является хранение информации об объекте с возможностью ее считывания, удобной для пользователя. Метка может содержать данные о типе объекта, стоимости, весе, температуре, данные логистики и прочую информацию, которая может храниться в цифровой форме [3].

Целесообразно рассмотреть применение RFID-технологии для контроля за местоположением каждого тормозного башмака, используемого для закрепления вагонов на станционных путях.

Применение RFID-меток имеет технические положительные стороны:

- большой диапазон рабочих температур (от −40 до +70 °С), а также устойчивость к резким перепадам температур;
- влагоустойчивость;
- отсутствие электромагнитных воздействий на RFID-метку извне;
- маленькие размеры RFID-меток (в среднем 15×15 мм) позволяют легко разместить их на торцевой части опорной колодки тормозного башмака, не закрывая его номер, а также минимизировав механическое воздействие на них;
- высокая автономность работы меток (до 10 лет);
- высокая дальность приема-передачи сигнала с метки на антенну (до 300 м) [2].

Для считывания данных RFID-меток на станции должны быть установлены специальные антенны. Целесообразно применять анизотропные антенны с круговой поляризацией, так как местоположение тормозных башмаков с RFID-меткой может быть хаотично. Таким образом, каждая RFID-метка, излучающая сигнал, заранее определенный изготовителем частоты в диапазоне 863−868 МГц, будет улавливаться антенной, которая может быть установлена в пределах габарита приближения строений [4].

Использование двух считывателей и антенн с одной поляризацией – не единственная возможность повышения качества сигнала считывания с целью уменьшения числа коллизий. Также стоит учитывать количество антенн, их расположение (созданные ими поля считывания на основании диаграмм направленности) и пропускную способность промаркированных объектов и материалов их комплектующих, мощность антенн и площадь излучателя антенн [5].

Программное обеспечение по обработке информации по координатному расположению тормозных башмаков на «поле» разрабатывается на языке программирования Python.

Техническое обслуживание данной системы должно быть возложено на хозяйство корпоративной информатизации, в соответствии с пунктом 6.3 распоряжения ОАО «РЖД» от 31.05.2011 №1186р (ред. от 28.01.2015) [7].

Принцип работы данной технологии описан далее.

На каждый станционный тормозной башмак монтируется RFID-метка. При укладке башмака на путь сигнал посылается на АРМ дежурного по станции (АРМ ДСП), который может контролировать местонахождение тормозных башмаков на станционных путях, а также дистанционно проверять правильность закрепления по количеству сигналов, отправленных с «поля».

В базу данных на сервере вносится информация о каждом пути станции, где может производиться закрепление (диапазон координат широты и долготы). Антенны устанавливаются в противоположных горловинах станции для предотвращения большого числа коллизий. При попадании башмака с RFID-меткой в поле действия антенны считывателя, на АРМ ДСП передается информация с RFID-метки тормозного башмака с указанием идентификатора номера данного тормозного башмака, а также координатное определение, соотнесенное с координатами каждого пути, на основании которого выдается информация о том, на каком пути находится тормозной башмак. Данная информация хранится на сервере, который на основании собранных сведений (номер тормозного башмака, координатное местоположение) может выводить информацию о закреплении на станционных путях или предупреждающие сообщения на АРМ ДСП о пропаже тормозного башмака или о нарушении норм закрепления на пути.

На рисунке представлен алгоритм работы данной технологии.

Цифровое обеспечение контроля за местонахождением тормозных башмаков на станции также должно учитываться при расчете класса станции. Согласно исследованиям [6], при расчете класса станции учитываются только те операции, которые имеют информационное обоснование. На данный момент процесс контроля за закреплением вагонов на станционных путях не автоматизирован, о чем сказано выше.

После внедрения данной технологии натурная проверка тормозных башмаков будет нецелесообразна, так как вся информация о закреплении вагонов будет выводиться на автоматизированное рабочее место дежурного по станции. Стоит отметить, что при увеличении числа тормозных башмаков, используемых в работе, контроль за их местоположением и наличием, становится более удобным, что может быть целесоо-

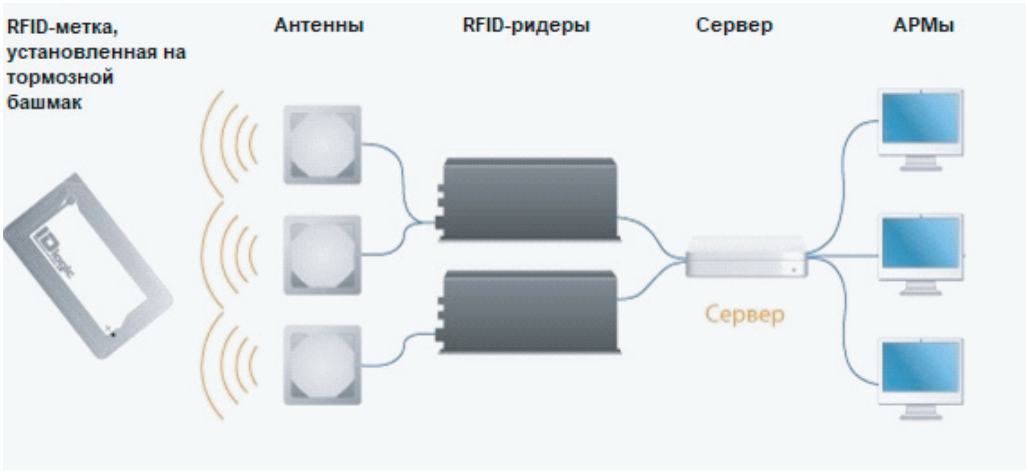


Рисунок. Алгоритм работы RFID-технологии

бразно для многопарковых сортировочных станций. Но следует учесть, что при внедрении данной технологии с работников не снимается ответственность за укладку тормозных башмаков с накатом на полоз обода колеса, так как данная RFID-технология прежде всего направлена на контроль за закреплением на путях станции и на сохранность тормозных башмаков, а не на соблюдение правильной укладкой тормозного башмака при закреплении вагонов.

Литература

1. Газета «Гудок»: «Издательский дом «Гудок»: сайт. —Москва. —Обновляется в течение суток . —URL: https://gudok.ru/ (дата обращения 10.12.2021). —Текст: электронный.

2. Григорьев П.В. Особенности технологии RFID и ее применение / П.В. Григорьев. —Текст: электронный // Молодой ученый. —2016. —№11 (115). —С. 317—322. —URL: https://moluch.ru/archive/115/30692/ (дата обращения: 10.12.2021).

3. Гудин М. Технология RFID: реалии и перспективы / М. Гудин, В. Зайцев . —Текст: непосредственный // Компоненты и технологии. —2003. —№4. —С. 42—44.

4. Лахири, Сандип. Руководство по внедрению: практическое руководство от опытного ИТ-архитектора в области RFID: научитесь оценивать, планировать и развертывать RFID-системы / Сандип Лахири; пер. с англ.: Казаков А. —Москва: КУДИЦ-ПРЕСС, 2007. —298 с. —ISBN 5-91136-025-X. —Текст: непосредственный.

5. Компания «Горизонты роста»: официальный сайт. —Санкт-Петербург. —Обновляется в течение суток. —URL: https://go-rfid.ru (дата обращения: 10.12.2021). —Текст: электронный.

6. Пазойский, Ю.О. Анализ методики балльной оценки работы железнодорожных станций / Ю.О. Пазойский, Э.Р. Куртикова. —Текст: непосредственный // Транспорт: проблемы, цели, перспективы (transport 2021): Материалы II Всероссийской научно-технической конференции с международным участием, Пермь, 12 февраля 2021 года / Под редакцией Е.В. Чабановой. —Пермь: Пермский филиал Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Волжский государственный университет водного транспорта», 2021. —С. 623—625.

7. Распоряжение ОАО «РЖД» от 31.05.2011 №1186р (ред. от 28.01.2015) «Об утверждении Положения о железнодорожной станции» (Вместе с Положением), утвержденное первым вице-президентом ОАО «РЖД» В.Н. Морозовым.

ОЦЕНКА ЛОГИСТИЧЕСКИХ ПОТОКОВ В ЗЕЛЕНЫХ ЦЕПЯХ ПОСТАВОК МЕТОДОМ DEMATEL

Представлена методика оценки показателей логистических потоков с использованием многокритериального метода принятия решений DEMATEL. Представлены система параметров и показателей логистических потоков, описание методологии DEMATEL, расчетный пример применения методики для оценки логистических потоков в зеленых цепях поставок.

Н.А. Осинцев

А.Н. Рахмангулов

Ключевые слова: зеленая логистика, зеленые цепи поставок, логистические потоки, показатели, DEMATEL

DOI: 10.53883/20749325_2021_04_81

Достижение целей устойчивого развития (ЦУР) [1] является приоритетной задачей по улучшению благосостояния населения и защиты окружающей среды всех стран без исключения. Достижение этих целей в процессе управления цепями поставок осложнено следующими основными проблемами [2;3]:

• недостаточная системность управления логистическими потоками, связанная с отсутствием научно-обоснованных методик оценки показателей логистических потоков и связей между этими показателями;

• наличие множества критериев оценки устойчивости цепей поставок и широкого разнообразия управленческих решений по достижению устойчивости.

Эффективным инструментом решения перечисленных проблем является активно развивающееся научное направление по разработке и совершенствованию методов многокритериального принятия управленческих решений (Multi-Criteria Decision-Making – MCDM). В течение 10 лет наблюдается увеличение числа публикаций, посвященных применению MCDM в сфере гражданского строительства, энергетики, на транспорте и в логистической деятельности. В области зеленой логистики и управления зелеными цепями поставок MCDM применяются для количественной оценки и выбора управленческих решений, обеспечивающих достижение экономических, социальных и экологических ЦУР. Наиболее часто используемыми MCDM являются отдельные методы или их комбинация [4]: метод анализа иерархий (AHP), аналитический сетевой процесс (ANP), метод испытаний и оценки принятия решений (DEMATEL), метод упо-

Осинцев Никита Анатольевич, кандидат технических наук, доцент кафедры «Логистика и управление транспортными системами» Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова (МГТУ им. Г.И. Носова). Область научных интересов: устойчивое развитие транспортных систем, зеленая логистика и управление зелеными цепями поставок, многокритериальные модели и методы принятия управленческих решений. Автор более 140 публикаций.

Рахмангулов Александр Нельевич, доктор технических наук, профессор кафедры «Логистика и управление транспортными системами» Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова (МГТУ им. Г.И. Носова). Область научных интересов: логистика, промышленный железнодорожный транспорт, интеллектуальные транспортные системы, имитационное моделирование, методы оптимизации. Автор более 200 публикаций.

рядоченного предпочтения через сходство с идеальным решением (TOPSIS), исключение и выбор в условиях реальности (ELECTRE), метод организации сортировки предпочтений для оценок альтернатив (PROMRETHEE) и др.

Литературный обзор использования метода DEMATEL в управлении зелеными цепями поставок

В настоящей работе выбран метод испытаний и оценки принятия решений DEMATEL. Этот метод представляет собой инструмент поддержки принятия решений, разработанный в 70-х годах прошлого века в рамках Программы по науке и гуманитарным вопросам Женевского института Battelle Memorial для реализации исследовательского проекта, посвященного выявлению причинно-следственных связей для решения сложных проблем, стоящих перед обществом [5]. Использование DEMATEL позволяет установить взаимозависимость между исследуемыми критериями и разработать карты сетевых отношений, отражающие взаимовлияние критериев и причинно-следственные связи между ними. Применение DEMATEL на протяжении последних десятилетий сопровождалось необходимостью адаптации вычислительных процедур, устранения его недостатков, расширения возможностей и области его применения [6].

Выполненный анализ показывает, что использование DEMATEL в логистике применялось для оценки факторов, оказывающих влияние на реализацию инициатив в управлении зелеными цепями поставок [7]; для оценки факторов выбора экологически чистых логистических компаний [8]; для выявления критических факторов в управлении зеленой цепочкой поставок [9]; для оценки месторасположения распределительных центров в цепи поставок [10]; для оценки зеленых поставщиков в цепях поставок [11]; для прогнозирования и оценки эффективности экологичного управления цепями поставок [12]; для определения приоритетов при внедрении зеленых цепей поставок в рамках подхода «технология–организация–среда» [13].

Ключевым недостатком используемых в настоящее время методов MCDM является недостаточная комплексность оценки, поскольку эти методы не учитывают взаимовлияния показателей логистических потоков в процессе управления цепями поставок в соответствии с ЦУР. Разработка методики комплексной оценки показателей логистических потоков, обеспечивающей системное управление потоками в цепях поставок с учетом целей концепции устойчивого развития, является актуальной научно-практической задачей.

Методика оценки показателей логистических потоков в зеленых цепях поставок методом DEMATEL

Оценка показателей ЛП в зеленых цепях поставок выполняется в два этапа.

Этап 1. Разрабатывается модель логистических потоков и обосновываются показатели их оценки. В настоящей работе предлагается разработанная авторами система, включающая 15 показателей [2;3] (рис. 1). Показатели логистических потоков сгруппированы по пяти группам в соответствии с ЦУР.

Этап 2. Выполняется оценка взаимосвязей между показателями логистических потоков с использованием метода DEMATEL. Оценка выполняется в следующей последовательности:

1. Построение начальной матрицы прямых связей показателей логистических потоков.

Эксперты выполняют попарную оценку влияния показателя i на показатель j, с использованием пятибалльной шкалы: отсутствие влияния – 0, слабое влияние –1, среднее – 2, высокое – 3, очень высокое – 4.

Затем формируется агрегированная матрица прямых связей показателей – A, размером $n \times n$ (n–число анализируемых показателей), содержащая усредненные оценки респондентов. Диагональные элементы a_{ij} матрицы A равны нулю.

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & \cdots & a_{1j} & \cdots & a_{1n} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ a_{i1} & \cdots & a_{ij} & \cdots & a_{in} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ a_{n1} & \cdots & a_{nj} & \cdots & a_{nn} \end{bmatrix}, \quad (1)$$

где a_{ij} – усредненная оценка влияния показателя, расположенного в i-й строке, на показатель в j-м столбце.

2. Вычисляется нормализованная матрица прямых отношений.

Матрица прямых связей A используется для вычисления нормализованной матрицы прямых отношений X по формулам (2) и (3)

$$X = A\lambda, \quad (2)$$

$$\lambda = \min\left[\frac{1}{\max\limits_{1 \le i \le n}\sum\limits_{j=1}^{n} a_{ij}}, \frac{1}{\max\limits_{1 \le j \le n}\sum\limits_{i=1}^{n} a_{ij}}\right]. \quad (3)$$

3. Вычисляется общая матрица связей между показателями по формуле:

$$T = \lim_{k \to \infty}(X + X^2 + \ldots + X^k) = X(1 - X)^{-1}. \quad (4)$$

Рис. 1. Система показателей оценки логистических потоков в зеленых цепях поставок

4. Выполняется расчет числа взаимосвязей и сил влияния между показателями.

Сумма строк и сумма столбцов обозначаются как векторы D и R в общей матрице связей T и определяются по формулам (6) и (7):

$$T = \left[t_{ij} \right]_{n \times n}, \quad i, j = 1,2,...,n, \tag{5}$$

$$D = \left[\sum_{j=1}^{n} t_{ij} \right]_{n \times 1} = \left[t_i \right]_{n \times 1}, \tag{6}$$

$$R = \left[\sum_{i=1}^{n} t_{ij} \right]_{1 \times n} = \left[t_j \right]_{1 \times n}. \tag{7}$$

Значения D_i и R_i показывают прямое и обратное воздействие каждого показателя строки и столбца на другие показатели. Их расчет необходим для установления причинно-следственных связей в системе показателей.

Значение (D_i+R_i) показывает важность показателя i относительно других показателей. Это значение соответствует числу взаимосвязей показателя i с другими показателями.

Значение (D_i-R_i) показывает силу влияний показателя i на другие показатели. Если значение (D_i-R_i) положительное, то показатель i может быть отнесен к группе «причин», если отрицательное, то показатель i находится под влиянием других показателей и относится к группе «следствие».

5. Построение причинно-следственной диаграммы (карты сетевых отношений).

Причинно-следственная диаграмма получается путем сопоставления упорядоченных пар (D_i+R_i) по горизонтальной оси и (D_i-R_i) по вертикальной оси. Она показывает структурную взаимосвязь между рассматриваемыми показателями и корреляцию между ними. В соответствии с установленным экспертами пороговым значением α, на диаграмме отображаются только те взаимосвязи между показателями из матрицы T, оценка которых превышает пороговое значение. В простейшем случае пороговое значение рассчитывается как среднее значение всех показателей матрицы T. Данное действие позволяет исключить несущественные взаимосвязи между показателями в модели принятия решений.

6. Расчет веса каждого показателя.

Значения веса показателей используется для ранжирования показателей. Расчет веса производится по формулам [14]:

$$w_i = \sqrt{(D_i + R_i)^2 + (D_i - R_i)^2}\ , \qquad (8)$$

$$W_i = \frac{w_i}{\sum_{i=1}^{n} w_i}\ . \qquad (9)$$

Основными результатами применения метода DEMATEL являются:

- установление силы влияния и взаимосвязей между показателями логистических потоков;
- построение причинно-следственной диаграммы (карта сетевых отношений) показателей логистических потоков;
- ранжирование показателей логистических потоков.

Результаты оценки логистических потоков методом DEMATEL

Оценка логистических потоков выполнялась с использованием модели и системы показателей, представленных в [2;15]. Методом анкетирования проведена оценка показателей логистических потоков при участии пяти академических эксперта в области логистики и управления транспортным системами (два доктора технических наук (средний стаж работы 34 года), три кандидата технических наук (средний стаж работы 18,5 лет)).

Агрегированная матрица прямых связей показателей логистических потоков представлена в табл. 1, элементы нормализованной матрицы прямых связей (X) и общей матрицы связей (T), даны табл. 2 и вычисляются по формулам (1–4).

Расчет числа взаимосвязей и сил влияния между показателями логистических потоков выполняется с использованием формул (5) и (6) (табл. 3.).

В соответствии со значениями (D_i–R_i) в табл. 3, показатели $E3$, $S3$, $ST2$, $ST3$, $ST4$, $M1$, $M2$, $M3$ отнесены к группе «причина», а показатели $E1$, $E2$, $EE1$, $EE2$, $S1$, $S2$, $ST1$ – к группе «следствие».

Завершающим этапом применения метода DEMATEL является построение карты сетевых отношений (рис. 2) и структуры сетевых отношений показателей логистических потоков (рис. 3).

Аналогичные действия выполняются для расчета групп показателей логистических потоков – E, EE, S, ST, M (см. рис. 1). Карта сетевых отношений групп показателей логистических потоков представлена на рис. 4.

Таблица 1

Агрегированная матрица прямых связей между показателями логистических потоков

Показатели	$E1$	$E2$	$E3$	$EE1$	$EE2$	$S1$	$S2$	$S3$	$ST1$	$ST2$	$ST3$	$ST4$	$M1$	$M2$	$M3$
$E1$	0	2.2	3.4	1.8	1.8	2.2	1.8	1.8	1.4	1	1	1	2.6	1.8	0.6
$E2$	3.8	0	2.2	2.6	1.4	2.4	2.4	1.2	1	0.8	0.8	0.8	1.6	1.4	0.6
$E3$	3.6	3	0	3	2.8	2.6	2	2	1.4	1.6	1.6	1	2	2.4	1.2
$EE1$	3	3.4	1.8	0	3.2	1	1.2	1.4	1.4	1.4	1.8	1.8	2	1.6	1
$EE2$	1.4	2.2	2.2	1.8	0	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
$S1$	3.6	2.8	1	1.8	0.6	0	2	1.4	1.2	1	1.2	1.2	1.2	1.4	1.2
$S2$	3.2	2.8	1	2	1	1.2	0	1.8	2.4	1.6	1.6	1.6	0.8	2	1.8
$S3$	2	2.6	1.2	1.8	1.4	2.2	3.2	0	2.6	2.6	2.4	2.2	1	2.6	1.2
$ST1$	2	2.6	0.8	2.2	1.2	1.6	3.2	2.4	0	1.8	1.6	1.8	1.2	1.8	0.4
$ST2$	1.6	2.6	1	2.2	1.4	2.6	3	3	2.6	0	2	2.4	1.4	1.8	1
$ST3$	1.8	2.4	1	1.8	1.4	1.4	2	2.4	3	2.6	0	1.6	1.6	2.2	1
$ST4$	1.2	2.2	1	1.6	1.2	1.6	2.2	2.4	2.2	3.2	1.8	0	1.2	1.8	1.2
$M1$	3.8	3.8	2	3.4	3.2	2.2	2.6	2.2	2.2	2.2	2.4	2.2	0	3.2	1
$M2$	3	3.2	2	3.4	2	1.6	3.2	2.6	2.4	1.4	2	2	0.8	0	0.4
$M3$	1.8	2.6	1.2	3	2.2	2	3.4	2	2	1.4	1.2	1.2	1	2.4	0

Таблица 2

Общая матрица связей (*T*) между показателями логистических потоков

Показатели	*E*1	*E*2	*E*3	*EE*1	*EE*2	*S*1	*S*2	*S*3	*ST*1	*ST*2	*ST*3	*ST*4	*M*1	*M*2	*M*3
*E*1	0.128	0.185	0.163	0.155	0.131	0.141	0.152	0.134	0.121	0.101	0.100	0.097	0.132	0.135	0.061
*E*2	0.211	0.121	0.131	0.165	0.115	0.139	0.157	0.113	0.105	0.090	0.089	0.087	0.105	0.119	0.058
*E*3	0.238	0.228	0.098	0.203	0.171	0.166	0.177	0.156	0.138	0.129	0.127	0.111	0.131	0.165	0.084
*EE*1	0.201	0.214	0.129	0.112	0.166	0.114	0.140	0.127	0.123	0.113	0.119	0.117	0.120	0.131	0.071
*EE*2	0.097	0.116	0.095	0.097	0.043	0.052	0.060	0.052	0.050	0.045	0.045	0.043	0.045	0.053	0.032
*S*1	0.198	0.182	0.098	0.140	0.090	0.077	0.145	0.115	0.107	0.092	0.095	0.093	0.092	0.115	0.070
*S*2	0.202	0.197	0.106	0.158	0.110	0.117	0.110	0.136	0.147	0.117	0.114	0.113	0.089	0.140	0.090
*S*3	0.193	0.213	0.120	0.170	0.131	0.154	0.206	0.107	0.168	0.154	0.146	0.140	0.103	0.168	0.083
*ST*1	0.174	0.192	0.099	0.161	0.113	0.125	0.186	0.149	0.088	0.122	0.114	0.118	0.097	0.134	0.057
*ST*2	0.182	0.211	0.114	0.177	0.129	0.162	0.199	0.178	0.166	0.090	0.136	0.143	0.112	0.148	0.078
*ST*3	0.176	0.196	0.108	0.160	0.124	0.127	0.167	0.157	0.168	0.147	0.080	0.119	0.111	0.150	0.073
*ST*4	0.155	0.184	0.103	0.149	0.114	0.127	0.166	0.152	0.145	0.157	0.121	0.075	0.098	0.136	0.076
*M*1	0.270	0.276	0.165	0.238	0.199	0.176	0.217	0.183	0.178	0.163	0.164	0.157	0.097	0.205	0.089
*M*2	0.221	0.230	0.144	0.210	0.149	0.141	0.205	0.170	0.163	0.126	0.137	0.135	0.102	0.106	0.065
*M*3	0.181	0.204	0.116	0.191	0.146	0.141	0.200	0.147	0.144	0.117	0.110	0.109	0.098	0.156	0.050

Примечание. Цветом выделены взаимосвязи, оценка которых больше порогового значения $\alpha=0{,}135$.

Таблица 3

Результаты оценки показателей логистических потоков методом DEMATEL

Показатели	*D*	*R*	*D*+*R*	*D*−*R*
*E*1	1.938	2.827	4.765	−0.89
*E*2	1.805	2.948	4.753	−1.14
*E*3	2.322	1.79	4.111	0.532
*EE*1	1.997	2.489	4.486	−0.49
*EE*2	0.924	1.93	2.855	−1.01
*S*1	1.709	1.962	3.67	−0.25
*S*2	1.944	2.488	4.432	−0.54
*S*3	2.255	2.074	4.33	0.181
*ST*1	1.929	2.013	3.942	−0.08
*ST*2	2.225	1.763	3.988	0.462
*ST*3	2.064	1.698	3.762	0.367
*ST*4	1.959	1.657	3.617	0.302
*M*1	2.778	1.534	4.312	1.245
*M*2	2.306	2.06	4.366	0.246
*M*3	2.111	1.037	3.147	1.074

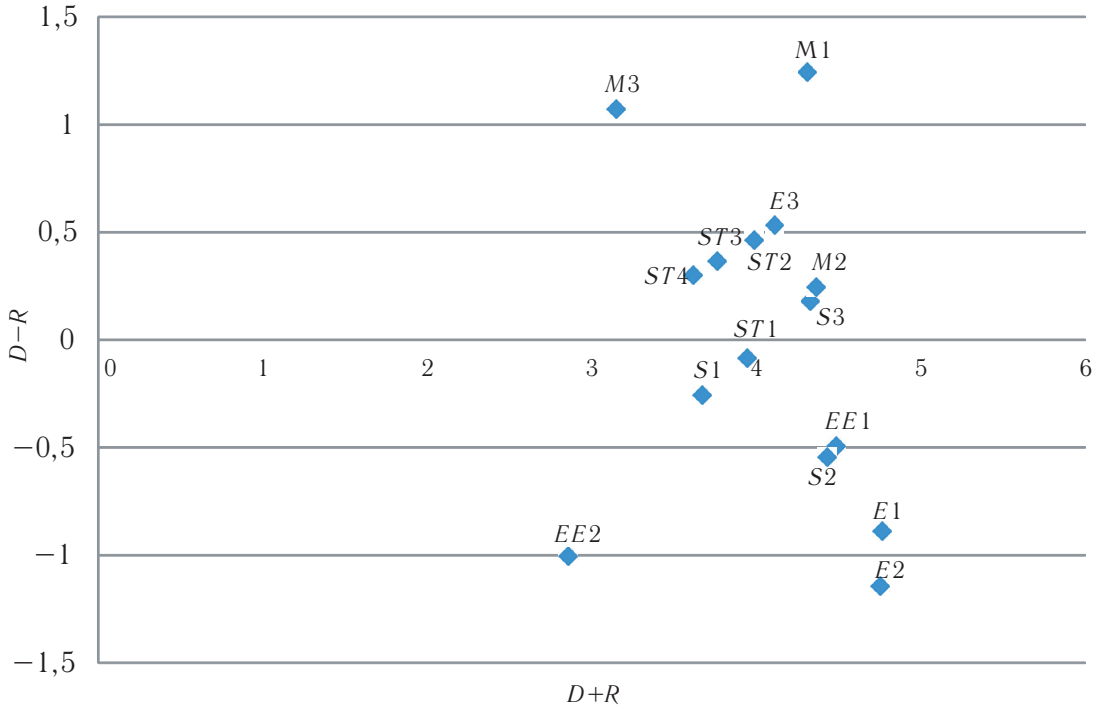


Рис. 2. Карта сетевых отношений показателей логистических потоков

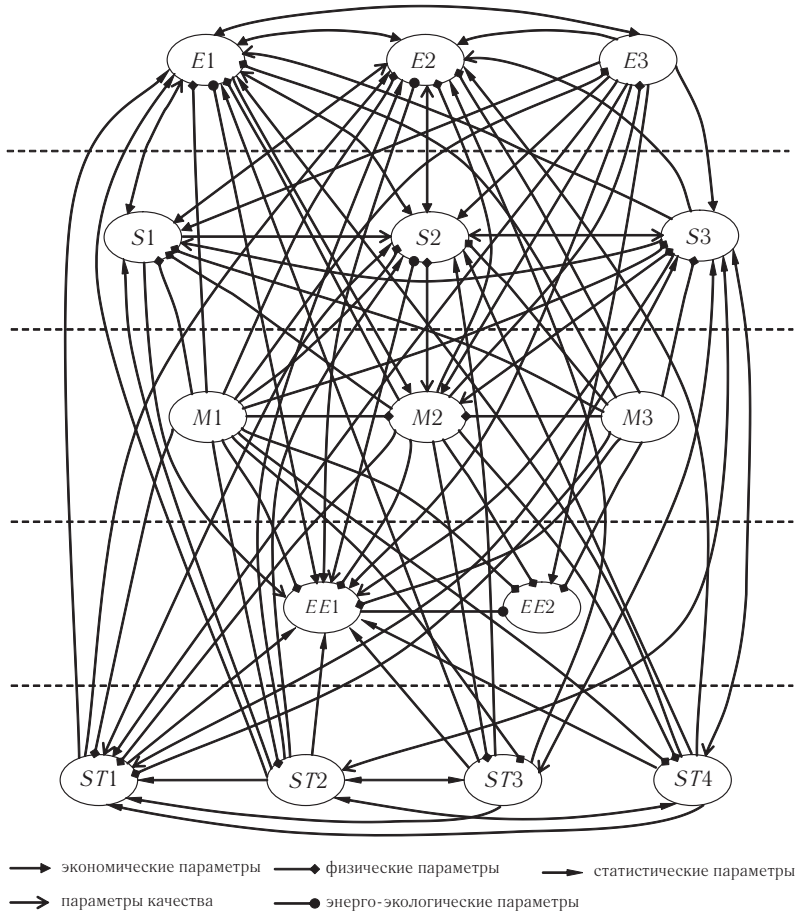


Рис. 3. Сетевая структура отношений показателей логистических потоков

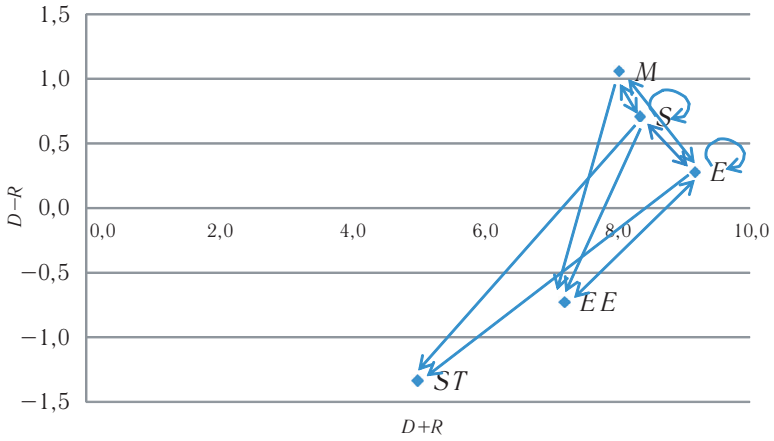


Рис. 4. Карта сетевых отношений групп показателей логистических потоков

После определения структуры взаимосвязей между показателями логистических потоков с помощью метода DEMATEL был рассчитан вес показателей с использованием формул (8) и (9). Результаты ранжирования показателей логистических потоков представлены в табл. 4. Наиболее значимыми группами показателей являются экономические (*E*), качественные (*S*) и управляемые (физические) (*M*) показатели потоков. Наивысший ранг у показателей прибыль (*E*1), операционные расходы (*E*2) и энергоемкость логистических потоков (*EE*1). Результаты ранжирования показывают преобладание экономических показателей. Однако в работе [16] показана возможность и необходимость этапности проведения процедуры MCDM, предусматривающей исключение экономических критериев и показателей на первом этапе ранжирования. Только после выбора значимых показателей или альтернативных решений производится их экономическая оценка. Реализация данного подхода, названного в [16] MCDM-CCAF (Multi-Criteria Decision Making with Cost Criterion Analysed at the Final Stage), применительно к оценке показателей логистических потоков в зеленых цепях поставок предполагается в будущих исследованиях.

Результаты ранжирования показателей логистических потоков положены в основу разработанной авторами комбинированной модели управления логистическими потоками в зеленых цепях поставок. Предлагаемая модель основана на использовании многокритериальных методов принятия решений и имитационного моделирования. Использование имитационной модели при формировании системы управления потоками позволяет эффективно обучать модель логистических потоков, а в процессе эксплуатации сформированной системы управления – прогнозировать изменение показателей логистических потоков и планировать на основе прогнозов оптимальную последовательность использования инструментов зеленой логистики.

Таблица 4

Ранжирование показателей логистических потоков

Группы показателей (см. рис. 1)	Вес	Ранг	Показатели логистических потоков (см. рис. 1)	Вес	Ранг
E	0.2411	1	*E*1	0.0789	2
			*E*2	0.0795	1
			*E*3	0.0675	8
EE	0.1903	4	*EE*	0.0734	3
			*EE*2	0.0493	15
S	0.2200	2	*S*1	0.0599	12
			*S*2	0.0727	5
			*S*3	0.0705	7
ST	0.1357	5	*ST*1	0.0642	10
			*ST*2	0.0653	9
			*ST*3	0.0615	11
			*ST*4	0.0591	13
M	0.2128	3	*M*1	0.0730	4
			*M*2	0.0711	6
			*M*3	0.0541	14

Литература

1. Цели в области устойчивого развития. –URL: https://www.un.org/sustainabledevelopment/ru/sustainable-development-goals/ (дата обращения 10.12.2021).

2. Osintsev N., Rakhmangulov A., Sładkowski A., Dyorina N. Logistic flow control system in green supply chains. Lecture Notes in Networks and Systems. 2020. vol. 124. pp. 311–380.

3. Осинцев, Н.А. Параметры и показатели потоков в зелёных цепях поставок / Н.А. Осинцев // Современные проблемы транспортного комплекса России. –2019. –Т.9. –№1. –С. 27–40. DOI: 10.18503/2222-9396-2019-9-1-27-40.

4. Stojcic M., Zavadskas E., Pamucar D., Stevic Z., Mardani A. Application of MCDM methods in sustainability engineering: A Literature Review 2008–2018 // Symmetry. 2019. vol.11. no.3. p. 350. DOI: 10.3390/sym11030350.

5. Gabus A., Fontela E., World problems, an invitation to further thought within the framework of DEMATEL. Battelle Geneva Research Centre, Geneva, Switzerland, 1972, pp. 1–8.

6. Si S.-L., You X.-Y., Liu H.-C., Zhang P. DEMATEL technique: a systematic review of the state-of-the-art literature on methodologies and applications // Mathematical Problems in Engineering. 2018. no.1. pp.1–33. DOI: 10.1155/2018/3696457.

7. Gandhi S., Mangla S.K., Kumar P., Kumar D. Evaluating factors in implementation of successful green supply chain management using DEMATEL: A case study // International Strategic Management Review. 2015. vol.3. no.1-2. pp. 96–109. DOI: 10.1016/j.ism.2015.05.001.

8. Cheng S.-H., Ou S.M., Lin S.-M. Using decision-making trial and evaluation laboratory (DEMATEL) to explore the key success factors for green logistics manufacturers // African Journal of Business Management. 2018. vol.12. no.3. pp. 58–65. DOI: 10.5897/AJBM2017.8461.

9. Wu H.-H., Chang S.-Y. A case study of using DEMATEL method to identify critical factors in green supply chain management // Applied Mathematics and Computation. 2015. vol.256. pp. 394–403. DOI: 10.1016/j.amc.2015.01.041.

10. Maghsud A., Salehi S.J., Payanib N., Shafieezadeh M. Developing a DEMATEL method to prioritize distribution centers in supply chain // Management Science Letters. 2011. vol.1. pp. 279–288. DOI: 10.5267/j.msl.2011.04.001.

11. Mavi R.K., Kazemi S., Najafabadi A.F., Moussbadi H.B. Identification and assessment of logistical factors to evaluate a green supplier using the fuzzy logic DEMATEL method // Polish Journal of Environmental Studies. 2013. vol.22. no.2. pp. 445–455.

12. Malviya R.K., Kant R. Hybrid decision making approach to predict and measure the success possibility of green supply chain management implementation // Journal of Cleaner Production. 2016. vol.135. pp. 387–409. DOI: 10.1016/j.jclepro.2016.06.046

13. Hwang B.-N., Huang C.-Y., Wu C.-H. A TOE approach to establish a green supply chain adoption decision model in the semiconductor industry // Sustainability. 2016. vol.8. no.2. pp. 1–30. DOI: 10.3390/su8020168.

14. Dytczak M., Ginda G. DEMATEL-based ranking approaches // WSB University in Wroclaw Research Journal. 2016. vol.16. no.3. pp. 191–201.

15. Осинцев, Н.А. Концепция системы управления логистическими потоками в «зелёных» цепях поставок / Н.А. Осинцев. –Текст: непосредственный // Вестник Уральского государственного университета путей сообщения. –2020. –№2. –С. 81–92. DOI: 10.20291/2079-0392-2020-2-81-92.

16. Anysz H., Nicał A., Stević Ž., Grzegorzewski M., Sikora K. Pareto optimal decisions in multi-criteria decision making explained with construction cost cases // Symmetry. 2021. vol.13. no.1. p.46. DOI: 10.3390/sym13010046.

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ ПЫЛЕПОДАВИТЕЛЯ АГЛОМЕРИРУЮЩЕГО ГИДРОСОРБЦИОННОГО ПО ПАРАМЕТРАМ ЭФФЕКТИВНОСТИ

В.В. Самойлов

Проведен анализ эффективности различных пылеподавителей и установлен наиболее эффективный препарат для решения вопроса пылеподавления.

Ключевые слова: балласт, угольная пыль, перевозка сыпучих грузов, пылеподавитель, пылеподавление

DOI: 10.53883/20749325_2021_04_90

При погрузке-выгрузке, а также транспортировке угля, одной из проблем, требующих более детального рассмотрения, является запыленность окружающей среды. Результатами исследований установлено, что запыленность воздушной среды на расстоянии 5 м от места погрузки находится на уровне от 50–100 мг/м^3. При решении данного вопроса применяются различные технологии и методы пылеподавления. Для оценки эффективности различных технологий пылеподавления необходимо провести сравнительные исследования следующих препаратов: вода, агломерирующий гидросорбционный эмульгатор (АГЭ), меласса, лигносульфонат, хлорид кальция.

В эксперименте представлено пять видов обработки (табл. 1), в случайном порядке выбраный образец обрабатывали три раза подряд препаратом для пылеподавления.

Методика подготовки проб грунта заключалась в том, что 25 граммов грунта (щебеночная пыль, размер <6 мм) взвешивали в стеклянных лотках (рис. 1), а один грамм каждого вида обработки добавляли к трем образцам и хорошо перемешивали для обеспечения хорошего контакта с препаратом. Образцы грунта оставляли в счетчике в течение 24 часов, чтобы убедиться, что наш тест измерял эффект подавителей, а не эффект воды. После высыхания образцов грунт осторожно высвобождали со стенок и дна стеклянных чаш, используя стандартизированный метод и уровень помех, чтобы гарантировать то, что почва упадет в цилиндр пылеуловителя.

Измерительный прибор пылеуловителя был прикреплен к вертикальному цилиндру (рис. 2). Перед каждым прогоном пробы измерительный прибор пылеуловителя работал в течение нескольких секунд для очистки линии, прежде чем образец почвы сбрасывался в верхнюю часть цилиндра опрокидыванием стеклянной тарелки вверх дном.

После падения пробы верхняя часть цилиндра быстро закрывалась для предотвращения выхода пыли. Каждый тестовый прогон длился 4 минуты,

Самойлов Вадим Вадимович, аспирант кафедры «Техносферная безопасность» Российской открытой академии транспорта Российского университета транспорта (РОАТ РУТ (МИИТ)). Область научных интересов: охрана труда, специальная оценка по условиям труда, профессиональные заболевания. Автор шести научных работ.

Таблица 1

Процедуры пылеулавливания

Обработка	Наименование	Образцы препаратов
*T*0	Вода	Чистая вода
*T*1	АГЭ	АГЭ без разбавления
*T*2	Меласса	Разбавленный водой
*T*3	Лигносульфонат	Разбавленный водой
*T*4	Хлорид кальция	Разбавленный водой

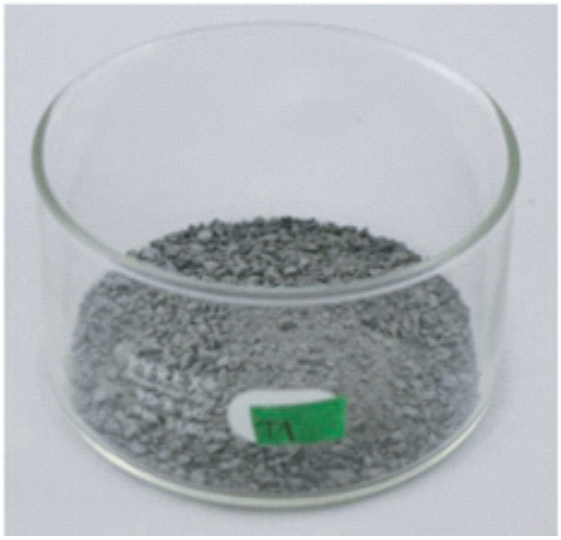


Рис. 1. Образец щебеночной пыли (25 грамм) до обработки

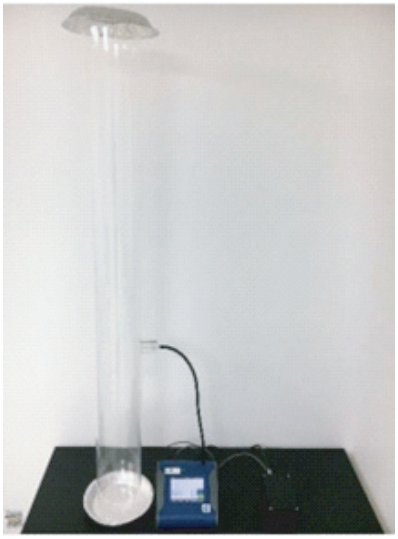


Рис. 2. Цилиндр для испытания сбрасыванием (слева) и измерительный прибор пылеуловителя (справа)

с измерением одного показания в секунду. Система очищалась между пробами, и «пробный прогон» выполнялся с измерительным прибором пылеуловителя до тех пор, пока показания пыли не падали ниже 0,1 промилле, прежде чем выполнялся новый тестовый прогон пробы.

Статистический анализ

Средние и максимальные выбросы пыли были рассчитаны для каждой пробы. Однофакторный дисперсионный анализ проводился с использованием сравнения средних Тьюки (α=0,05).

Средние уровни запыленности по результатам трех опытов представлены на рис. 3. Вода и меласса функционируют одинаково, со средним уровнем выбросов пыли 9,8–10 мг/м^3. Обработка лигносульфонатом приводила к уменьшенному выбросу пыли, однако данный результат не был статистически значимым (α=0,05). Выбросы пыли после обработки АГЭ и хлоридом кальция были практически нулевыми. Подобная картина была установлена при исследовании пиковых выбросов пыли, хотя меласса производила пиковый уровень пыли, приближенный к лигносульфонату, чем к воде (рис. 3).

Выводы

Меласса и лигносульфонат не улавливали пыль достаточно эффективно. Они обеспечивали лишь слабое пылеулавливание, незначительно лучше воды, из-за чего следует их считать неэффективными для пылеулавливания.

Самая высокая эффективность в этом эксперименте была показана АГЭ, который почти полностью исключил выбросы пыли. Хлорид кальция был несколько менее эффективен, хотя его результаты были статистически неразличимы с АГЭ.

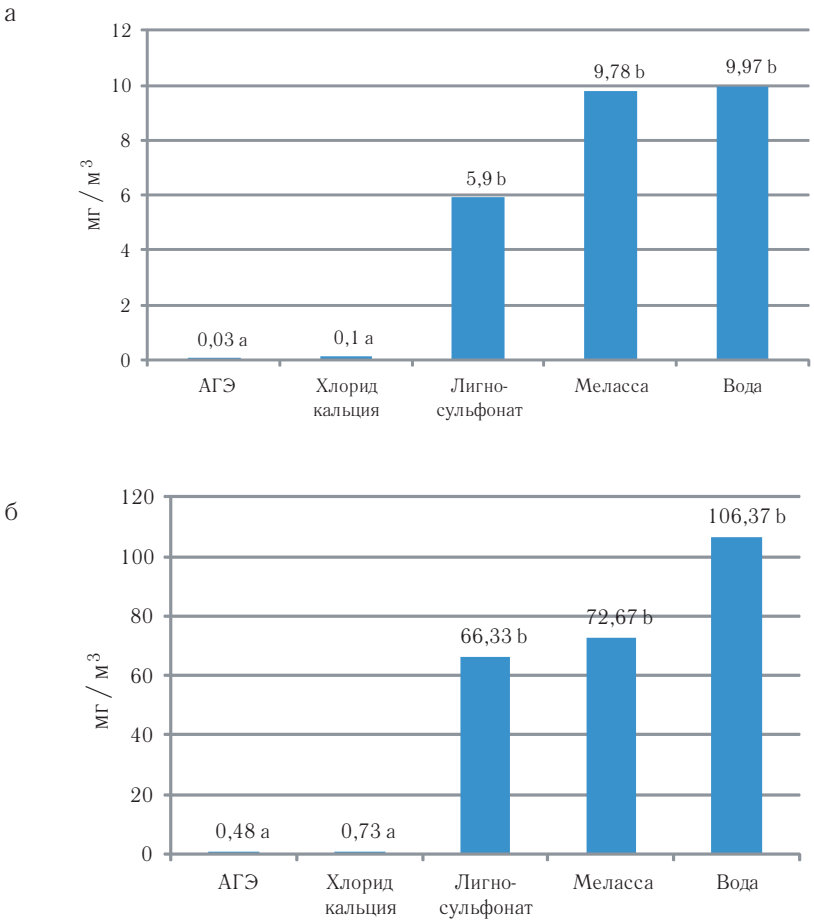


Рис. 3. Средние (а) и максимальные (б) выбросы пыли из грунта, обработанного различными препаратами пылеулавливания. Столбцы, помеченные разными буквами, статистически значимо различаются (n=3, p<0,05)

Однако следует учитывать тот факт, что в результате исследований была проведена оценка эффективности в условиях низких помех – отсутствовало движение при прохождении через образцы грунта. При рассмотрении АГЭ и хлорида кальция в контексте коммерческого применения, такого как промышленная добыча, хлорид кальция и другие средства на основе солей представляют ряд проблем, ограничивающих их использование.

Средства на основе солей не выдерживают высокой нагрузки. Хотя они приемлемо функционируют на небольших железных дорогах и при незначительном движении, они не используются на дорогах, на которых присутствует высокая интенсивность движения или большой объем перевозимых грузов из-за их недолговечности.

Применение средств на основе солей может привести к коррозии стали и бетона, повышению затрат на техническое обслуживание оборудования и инфраструктуры.

АГЭ же можно использовать повсеместно – его можно безопасно использовать на объектах железнодорожного транспорта, при перевозках, а также в шахтах. Кроме того, он не содержит агрессивных ингредиентов, которые могут привести к разрушению оборудования и инфраструктуры. Эти преимущества позволяют считать его наилучшим вариантом для железнодорожного транспорта.

Литература

1. Бурак, В.Е. Опасность применения метода технико-биологических аналогий в сфере транспорта / В.Е. Бурак, В.В. Самойлов. –Текст: непосредственный // Проблемы безопасности российского общества. –2020. –№4. –С. 40–44.

2. Самойлов, В.В. Анализ современных технологий пылеподавления при работе с сыпучими грузами / В.В. Самойлов, О.С. Сачкова. –Текст: непосредственный // Проблемы безопасности российского общества. –2020. –№3. –С. 86–88.

3. Предельно допустимые концентрации (ПДК) микроорганизмов-продуцентов, бактериальных препаратов и их компонентов в воздухе рабочей зоны. Гигиенические нормативы ГН 2.1.6.3538-18. –Москва: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2018. –16 с.

4. Иванов, Н.Г. Исследования биотехнологических штаммов микроорганизмов для их гигиенического нормирования / Н.Г. Иванов, Н.И. Шеина. –Текст: непосредственный // Санитария и гигиена. –2010. –№2. –С. 89–92.

5. Перечень грузов, которые могут перевозиться железнодорожным транспортом насыпью и навалом (утвержден приказом Министерства транспорта Российской Федерации от 19.09.2013 № 294). –URL: https://rulaws.ru/acts/Prikaz-Mintransa-Rossii-ot-19.09.2013-N-294/ (дата обращения 10.12.2021). –Текст: электронный.

6. Правила перевозок грузов железнодорожным транспортом насыпью и навалом (утверждены приказом Министерства транспорта Российской Федерации от 26.09.16 № 281). –URL: https://docs.cntd.ru/document/420378762 (дата обращения: 12.11.2021). –Текст: электронный.

7. ГОСТ 12.3.002-2014 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Процессы производственные. Общие требования безопасности = System of standards for occupational safety. Manufacturing processes. General safety requirements : национальный стандарт Российской Федерации : издание официальное : взамен ГОСТ 12.3.002-75 : утвержден и введен в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 23 сентября 2014 г. №1368-ст.: дата введения 2016-07-01: разработан Обществом с ограниченной ответственностью «Экожилсервис», ФГБОУ ВПО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет»: переиздание сентябрь 2019 г. –Москва: АО Кодекс. –Текст: непосредственный.

8. Самойлов, В.В. Анализ и оценка требований экологической безопасности при перевозке угля в открытом подвижном составе железнодорожного транспорта /В.В. Самойлов, О.С. Сачкова. –Текст: непосредственный // Проблемы безопасности российского общества. –2020. –№4. –С. 15–18.

9. Медведева, Г.Н. Оценка профессионального риска от воздействия на работников вредных и опасных факторов производственной среды / Г.Н. Медведева, А.М. Завьялов, В.В. Самойлов. –Текст: непосредственный // Проблемы безопасности российского общества. –2020. –№4. –С. 62–64.

10. Самойлов, В.В. Основные направления уменьшения экологического воздействия при перевозке сыпучих грузов/В.В. Самойлов, О.С. Сачкова. –Текст: непосредственный // Наука и техника транспорта. –2020. –№4. –С. 94–103.

СОВРЕМЕННОЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ ОСНАЩЕНИЕ ВАГОНОВ ДЛЯ ПЕРЕВОЗКИ ОСУЖДЕННЫХ И ЛИЦ, НАХОДЯЩИХСЯ ПОД СТРАЖЕЙ

О.С. Сачкова

Е.А. Трифонова

Рассмотрены вопросы современного технического оснащения вагонов для перевозки осужденных и лиц, находящихся под стражей, а также условия их размещения. Особое внимание уделено безопасности проводников и личного состава конвоя, сопровождающих спецконтингент.

Ключевые слова: специальный вагон, осужденный, конвой, техническое оснащение, безопасность

DOI: 10.53883/20749325_2021_04_94

Вагонный парк, эксплуатируемый Федеральной службой исполнения наказаний Российской Федерации (ФСИН России) для перевозки осужденных и лиц, находящихся под стражей, находится все еще в неудовлетворительном состоянии, из-за чего по инициативе ведомства перед конструкторами Тверского вагоностроительного завода (ОАО «ТВЗ») была поставлена в 2014 г. задача создать проектную документацию на специальный вагон, чтобы продолжить линию поколений данных вагонов. Задание было выполнено оперативно и выпуск серийными партиями был начат в 2015 г. [2;3].

Модернизированная модель специального вагона, выпускаемая серийным потоком на ОАО «ТВЗ», отличается от ранних поколений данных вагонов тем, что конструкторы приняли решение удлинить кузов. Изменение габаритов кузова положительно сказалось на комфортности вагона, дополненного комнатой для отдыха состава караула, кухонным блоком и душевым отсеком, а также повысило надежность специального вагона путем оборудования его электрогенераторами, ресурс топлива для работы которых составляет 15 суток. В вагоне действует вентиляция и подключена система климат-контроля. Для лиц, перевозимых под конвоем и страдающих открытой формой туберкулеза, выделен отдельный отсек, где воздух ионизируется кварцевыми лампами, а также регулярно обновляется через приточную вентиляцию. Это решение позволяет снизить риски заражения туберкулезной палочкой спецконтингента и личного состава, несущего конвойную службу.

Современное техническое оснащение вагонов для перевозки осужденных и лиц, находящихся под стражей, не имеет кардинальных отличий по оснащен-

Сачкова Оксана Сергеевна, доктор технических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории коммунальной гигиены и эпидемиологии отдела медико-биологических исследований ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский институт железнодорожной гигиены» (ВНИИЖГ Роспотребнадзора), доцент кафедры «Техносферная безопасность» Российской открытой академии транспорта Российского университета транспорта (РОАТ РУТ (МИИТ)). Область научных интересов: исследования полимерсодержащих материалов для железнодорожного транспорта, гигиеническая сертификация подвижного состава железнодорожного транспорта. Автор 185 научных работ, в том числе пяти монографий, четырех учебников и восьми учебных пособий. Имеет пять патентов на изобретения.

Трифонова Екатерина Александровна, старший преподаватель кафедры «Управление безопасностью в техносфере» Института транспортной техники и систем управления Российского университета транспорта (РУТ (МИИТ)). Область научных интересов: охрана труда, техносферная безопасность. Автор четырех научных работ.

ности и системам жизнеобеспечения от вагонного парка, на базе которого осуществляются пассажирские перевозки.

Для перевозки осужденных и лиц, находящихся под стражей, по плановым и сквозным железнодорожным маршрутам используются вагоны специальные моделей ЦМВ61-512, ЦМВ61-519, ЦМВ61-824, ЦМВ61-4500 колеи 1520 мм.

В ФСИН России ощущается дефицит специальных вагонов для перевозки осужденных и лиц, находящихся под стражей. Анализ объемов и номенклатуры реализации продукции ОАО «ТВЗ» в 2014–2019 гг. (табл.1) показывает, что наблюдается тенденция снижения выпускаемых специальных вагонов вагоностроительным заводом (рис.1).

Для перевозки осужденных и лиц, находящихся под стражей по расчетам ФСИН России необходимо 108 вагонов. Из необходимых 108 специальных вагонов в настоящее время в парке ФСИН России находятся 78. При этом четыре специальных вагона планируются к списанию до конца 2020 года, еще 13 специальных вагонов будут списаны в 2021 году по завершению установленных сроков эксплуатации.

Правительству России было дано поручение рассмотреть вопрос о выделении в 2019–2021 гг. МВД России необходимых бюджетных средств на поставку новых специальных вагонов.

Следует отметить, что по железнодорожным маршрутам в специальных вагонах ФСИН России ежегодно перевозятся более 500 тыс. человек.

Для перевозки осужденных и лиц, находящихся под страже, по железным дорогам с нестандартной колеей используются следующие типы специальных вагонов:

- вагон пассажирский специальный модели ЦМВ, колеи 1067 мм;
- вагон пассажирский специальный модели 48-096, колеи 750 мм.

Для перевозки осужденных на лесозаготовительные участки используются грузовые платформы узкоколейной железной дороги.

Вагон специальный модели ЦМВ61-512 (рис.2) предназначен для перевозки осужденных и лиц, находящихся под стражей по магистральным железным дорогам колеи 1520 мм.

Технические характеристики вагона модели ЦМВ61-512: длина кузова – 23600 мм; ширина кузова – 3100 мм; масса тары вагона – не более 52 т; количество мест для осужденных и лиц, находящихся под стражей (при продолжительности пере-

Таблица 1

Анализ объемов продукции ОАО «ТВЗ» за период с 2014 по 2019 гг.

Показатели	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Вагоны пассажирские, шт. (находящиеся в эксплуатации)	371	126	253	214	198	221
Специальные вагоны, шт. (изготовление вагонов)	26	48	43	35	15	12

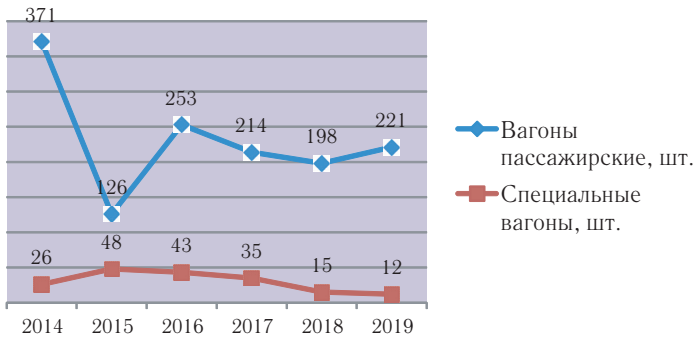


Рис. 1. Статистика эксплуатируемых и выпускаемых специализированных вагонов

возки до четырех часов) – 104; количество мест для осужденных и лиц, находящихся под стражей (при продолжительности перевозки более четырех часов) – 80; количество служебных мест – 10; конструктивная скорость не более – 160 км/ч.

Двери всех камер – сдвижные решетчатые. Каждая дверь камеры имеет два замка: верхний – щеколдный с крючком; нижний – автоматический. Все двери имеют окна (кормушки). Каждое окно закрывается сплошной металлической створкой со специальным замком. В камерах устанавливаются диваны первого яруса, полки с откидными клапанами и полки третьего яруса. Для изоляции осужденных и лиц, находящихся под стражей решетчатая дверь камеры №9 (для модели вагона ЦМВ61-824 – камеры №8) прикрывается глухой створкой-ставнем, запираемой двумя «барашками». В створке прорезан смотровой глазок. Нумерация дверей начинается с некотлового конца вагона.

Все окна вагона оборудуются предохранительными решетками, а окна, кроме туалетов и кухни, оборудуются механическими шторками и солнцезащитными занавесками. Окна кухни, туалетов и внутренние рамы окон большого коридора и коридора некотлового конца имеют непрозрачные стекла.

Новые вагоны для перевозки осужденных и лиц, находящихся под стражей

Планировка вагона модели 61-4495, изготовленного ОАО «ТВЗ» приведена на рис. 3.

Технические характеристики вагона модели 61-4495 представлены в табл. 2.

Внутреннее оборудование вагона модели 61-4495 представлено на рис. 4–7.

Для контроля за несением службы караулом установлены средства видеонаблюдения (три видеокамеры и монитор в купе начальника караула). Предусмотрена возможность использования видеомагнитофона и

Рис. 2. Внутреннее пространство вагона модели ЦМВ61-512

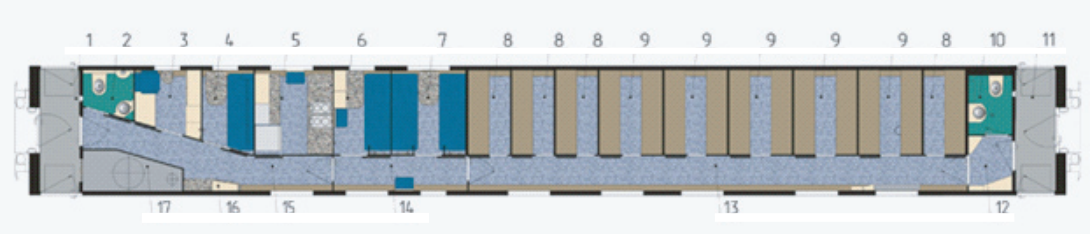


Рис. 3. Планировка вагона модели 61-4495: 1 – тамбур тормозного конца вагона; 2 – туалет-душевая; 3 – служебное помещение; 4 – купе проводника; 5 – кухня; 6 – купе начальника караула; 7 – купе караула; 8 – камера малая; 9 – камера большая; 10 – туалет для спецконтингента; 11 – тамбур нетормозного конца вагона; 12 – коридор нетормозного конца вагона; 13 – большой коридор; 14 – малый коридор; 15 – коридор тормозного конца вагона; 16 – кладовая; 17 – котельное отделение

Таблица 2

Технические характеристики вагона модели 61-4495

Масса тары вагона не более, т.: • без экипировки • с экипировкой	 63,0 64,7
Длина вагона по осям сцепления, мм	25500±20
База вагона, мм	17000
Ширина кузова наружная без гофр, мм	3104
Объем воды в системе водоснабжения не менее, л	1500
Объем воды в системе водяного пожаротушения, л	90
Объем теплоносителя в системе отопления, л	750
Запас угля не менее, кг	300
Объем фекального бака туалетного комплекса для обслуживающего персонала, л	250
Объем фекального бака туалетного комплекса для спецконтингента, л	450
Конструкционная скорость, км/ч	160
Количество мест для спецконтингента, из них: • в больших камерах (4 для лежания и 8 для сидения) • в малых камерах (2 для лежания и 4 для сидения)	84 по12 по 6
Количество мест для проводников	2
Количество мест для караула	8
Плавность хода, не более	3,25
Номинальная мощность дизель-генераторной установки, кВт	16
Установка кондиционирования воздуха	имеется
Емкость аккумуляторной батареи не менее, А·ч	300

Рис. 4. Внутреннее пространство вагона модели 61-4495

Рис. 5. Бытовые условия проводников и конвоиров

Рис. 6. Купе отдыха у проводников и конвоиров

Рис. 7. Система безопасности вагона

мобильной радиостанции. Имеется радиотрансляционная сеть.

Вагон оборудован системой автономного электроснабжения постоянного тока напряжением 110 В, аккумуляторной батареей емкостью 300 А·ч (обеспечивает работу средств освещения и сигнализации на длительных стоянках до 12–16 часов).

Вагон специальный модели 48-096 построен на базе цельнометаллического вагона пассажирского модели 48-051 и предназначен для перевозки осужденных и лиц, находящихся под стражей по железным дорогам колеи 750 мм.

Технические характеристики вагона модели 48-096: длина кузова по осям сцепления – 11100 мм; ширина кузова – 2300 мм; масса тары вагона – не более 10,4 т; количество мест в камере – 55; конструктивная скорость – не более 40 км/ч.

Перегородки имеют створчатые двери, открывающиеся в сторону купе караула и купе администрации. Двери выполняются сплошными до высоты 1,2 м от уровня пола и далее переходят в решетку. Решетки перегородок и дверей выполняются из стального прутка диаметром 6 мм, с ячейкой 60×60 мм.

В новых вагонах широкой колеи для обеспечения безопасности проводников и конвоиров купе отделены от коридора общего с камерами осужденных и лиц, находящихся под стражей, дверью из стальной арматуры [5].

Пространство камеры вмещает полки, расположенные в три яруса по обеим стенам. На потолке коридора напротив каждой камеры размещена видеокамера, выводящая на монитор конвоиров поведение осужденных и лиц, находящихся под стражей. Используются энергосберегающие, люминесцентные и светодиодные лампы.

Уборная, предназначенная для спецконтингента, оснащена биотуалетом, предусмотрен умывальник с горячей и холодной водой. Помещение вентилируется принудительно.

Новинкой технического оснащения вагонов для перевозки осужденных и лиц, находящихся под стражей, стало использование аппаратно-программного комплекса, собирающего информацию от цифровых видеокамер для визуального мониторинга поведения спецконтингента, действий конвоиров и ситуации, которая складывается по периметру вагона.

Проводники ОАО «РЖД», допускающиеся к обслуживанию специальных вагонов, должны пройти специальную подготовку, успешно сдать контроль знаний и получить допуск.

Выход специального вагона в рейс находится на контроле сотрудников, закрепленных за филиалами ГЦСП МВД России, с учетом поддержки персонала железной дороги и диспетчерской службы специальных перевозок. Специальный вагон в рейс допускается при условии его приема плановым караулом, который обеспечивает перевозки по конкретной ветке железной дороги. Готовность специального вагона проверяет помощник начальника караульной службы, особо акцентируя внимание на исправности техники и оборудования, полноте экипировки, а также на возможности гарантировать стабильное движение без аварийных остановок, отсутствие угроз для караульных и стабильности систем и функций, обеспечивающих комфортное перемещение спецконтингента.

В полномочия ФСИН России входит стратегическое направление оптимизации маршрутов, по которым пролегают пути конвоя, с целью снижения длительности этапа в части, которая проходит в железнодорожном спецтранспорте.

Перевозка конвоируемых лиц в специальном вагоне требует от личного состава караула особого внимания к обыску, так как по причине того, что

коридор, где несут службу конвоиры, имеет малые габариты и отделен от спецконтингента сеткой, создаются риски угрозы здоровью и жизни сотрудникам ФСИН России.

Параметры микроклимата в помещениях специального вагона даны в табл. 3.

Эргономические факторы специального вагона модели 61-4495 приведены в табл. 4.

Предельно допустимые уровни звука и звукового давления в помещениях специального вагона показаны на рис. 8.

Спецконтингент, перевозимый в специальных вагонах, пользуется санитарным оборудованием, не отличающимся от устройств, которыми оснащены типовые вагоны для перевозки пассажиров по путям железнодорожного сообщения.

Обратившись к ч. 4 ст. 3 УИК РФ, получим подробную информацию о согласии России с рекомендациями, которые задекларированы международным сообществом и касаются организационных ракурсов исполнения наказаний и обращения с лицами, находящимися под конвоем. Страна обязалась следовать данным требованиям и претворяет таковые в действительность, отразив в нормах уголовно-исполнительного законодательства, постепенно финансируя изменения в отечественной пенитенциарной системе.

Лица, которые были осуждены решением суда, а также взяты под стражу, неоспоримо подлежат защите прав и интересов. Данный тезис с особым ударением прозвучал в положениях Концепции развития уголовно-исполнительной системы России до 2020 г., принятой согласно правительственному решению от 14 октября 2010 г. №1772-р.

Документально закреплено, что государство дает обязательства об условиях содержания осужденных и лиц, которых сопровождает конвой. Особенный

Таблица 3

Параметры микроклимата в помещениях специального вагона

Наименования параметров	Температура наружного воздуха	
	ниже 10°С:	выше 10°С:
Служебные помещения:		
Температура воздуха, °С:		
служебное отделение, купе проводников, купе начальника караула, купе караула	от 20 до 24	от 22 до 26
коридоры, туалет-душевая	от 16 до 24	от 22 до 28
у выходного отверстия воздуховода при кондиционировании, не менее	–	16
Перепад температуры воздуха по высоте, °С, не более:		
все служебные помещения	3	
Температура стен, пола, °С, не менее:		
все служебные помещения	15	–
Температура поверхностей кожухов системы отопления, °С, не более:		
все служебные помещения	55	–
Скорость движения воздуха, м/с, не более:		
служебное отделение, купе проводников, купе начальника караула, купе караула	0,2	0,25
Коридоры	0,3	
Относительная влажность воздуха, %:		
все служебные помещения	от 15 до 75	

Таблица 4

Эргономические факторы, определяющие безопасность и комфорт для пассажиров в помещениях вагона модели 61-4495 для спецконтингента, изготовленного по конструкторской документации 4495.00.00.000, заводской номер 00001, на соответствие требованиям санитарных правил и сертификационного базиса

Место замера	Норма, не менее	Фактические значения	Соответствие санитарным правилам
Купе начальника караула			
высота дверного проема в свету, мм	1900	1930	да
ширина дверного проема в свету, мм	520	520	да
длина купе, мм	1900	2040	да
спальная полка нижняя: – длина, мм – ширина, мм	1840 600	1840 600	да да
спальная полка верхняя: – длина, мм – ширина, мм	1840 600	1840 600	да да
высота от пола до поверхности сиденья, мм	420	445	да
расстояние по высоте между поверхностью сиденья и верхней спальной полкой, мм	980	980	да
расстояние по высоте между верхней спальной полкой и потолком, мм	880	1015	да
ширина прохода между спальной полкой и перегородкой, мм	500	740	да
Купе караула			
высота дверного проема в свету, мм	1900	1940	да
ширина дверного проема в свету, мм	520	520	да
длина купе, мм	1900	2060	да
спальная полка нижняя: – длина, мм – ширина, мм	1840 600	1840 600	да да
спальная полка верхняя: – длина, мм – ширина, мм	1840 600	1840 600	да да
высота от пола до поверхности сиденья, мм	420	450	да
расстояние по высоте между поверхностью сиденья и верхней (второй) спальной полкой, мм	940	710	да
расстояние по высоте между поверхностью сиденья и верхней (третьей) спальной полкой, мм	980	1245	да
расстояние по высоте между верхней спальной полкой и потолком, мм	880	645	да
ширина прохода между спальной полкой и перегородкой, мм	500	500	да

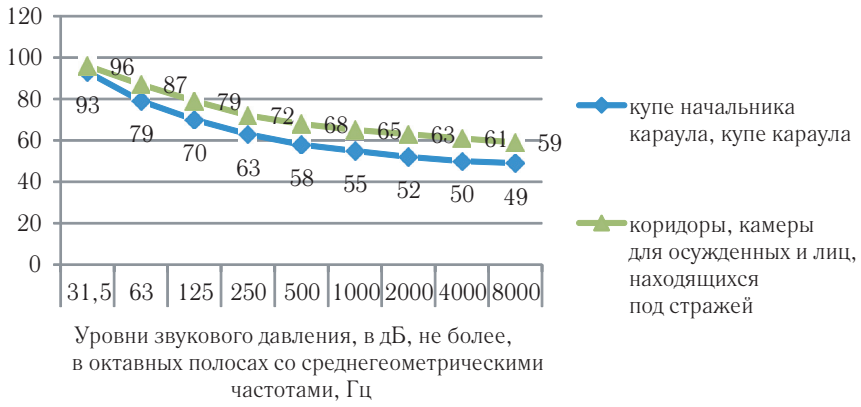


Рис. 8. Предельно допустимые уровни звука и звукового давления в помещениях специального вагона

акцент сделан на том, что содержание под стражей не может нарушать принятых в мире стандартов обращения со спецконтингентом, четко обозначенных позицией Европейского комитета. Государство дает обязательство исключить различные формы насилия и пыток, бесчеловечность, попрание чести и достоинства, актуализировать запрет наказаний, выходящих за рамки гуманизма. Предполагается, что невозможно уклониться и не соблюсти решений, к которым пришел Европейский Суд по правам человека и указаний, суммировав положения концепта в Европейских пенитенциарных правилах.

Обеспечивать централизацию управления перевозками осужденных и лиц, находящихся под стражей железнодорожным транспортом следует строго согласно стандартам безопасного передвижения без нарушения конфиденциальных данных, исполняя требования и стандарты российского законодательства.

Выводы исследования и перспективы дальнейших изысканий данного направления

Аппарат исполнительной власти на федеральном уровне, уполномоченный организовать и проводить перевозки спецконтингента по путям железнодорожного сообщения, должен вступать в контакт с лицами, владеющими транспортной инфраструктурой и осуществляющими транспортировку, опосредуя сотрудничество через органы специальных железнодорожных перевозок, как указывает ч. 2 в ред. Федерального закона от 07.07.2003 №122-ФЗ.

Если из-за перевозки осужденных и лиц, находящихся под стражей, железная дорога или владельцы инфраструктурных объектов при путях железнодорожного сообщения потерпели убытки, на ФСИН России, как указал законодатель, возлагается обязанность возместить убытки, следуя порядку, изложенному в Федеральном законе от 28.12.2016 №503-ФЗ.

Литература

1. Бубнова, Г.В. Маркетинговый подход к управлению пригородным пассажирским комплексом ОАО «РЖД» / Г.В. Бубнова, И.С. Новоселова. –Текст: непосредственный //Экономика железных дорог. –2007. –№6. –С. 52–59.

2. Горовой, В.В. Идентификация личности осужденного или лица, содержащегося под стражей, начальником караула по конвоированию при приеме в учреждениях уголовно-исполнительной системы / В.В. Горовой, А.М. Игнатьев. –Текст: непосредственный // Оперативно-розыскное, процессуальное и криминалистическое обеспечение деятельности учреждений уголовно-исполнительной системы: сб. материалов круглого стола. –Москва: НИИ ФСИН России, 2017. –С. 182–188.

3. Игнатьев, А.М. Подготовка сотрудников специальных подразделений уголовно-исполнительной системы по конвоированию к самостоятельному несению службы в составе караулов / А.М. Игнатьев. –Текст: непосредственный // Пенитенциарная система и общество: опыт взаимодействия: сборник материалов V Международной научно-практической конференции, Пермь 04–06 апреля 2018 года. –Пермь: Пермский институт Федеральной службы исполнения наказаний, 2018. –С. 326–329.

4. Коломийченко, В.В. Техническое обслуживание и ремонт автосцепного устройства подвижного состава железных дорог / В.В. Коломийченко. –Москва: Трансинфо, 2004. –191 с. –ISBN 5-93647-011-3: 3026. –Текст: непосредственный.

5. Курс лекций по обеспечению безопасности, порядка исполнения и отбывания наказания в ИТУ ; под ред. проф. А.Г. Перегудова. –Уфа: Уфимская высшая школа МВД России, 1996. –С. 102–108.

6. Лапшин, В.Ф. Основы технического обслуживания вагонов : учебное пособие для студентов специальности 190302 «Вагоны» / В.Ф. Лапшин, М.В. Орлов; Федеральное агентство ж.-д. трансп., Уральский гос. ун-т путей сообщ., Каф. «Вагоны». –Екатеринбург: УрГУПС, 2006. –374 с. –ISBN 5-94614-025-6. –Текст: непосредственный.

7. Макарова Е.А. Автоматизированная подсистема планирования и регулирования пассажирских перевозок на российских железных дорогах (АСУ-Л) / Е.А. Макарова. –Текст: непосредственный // Транспорт: наука, техника, управление. –2008. –№12. –С. 8–11.

8. Макарова, Е.А. Методика аналитических исследований для определения целесообразности ввода в обращение пассажирских поездов с жесткой схемой состава /Е.А. Макарова, А.В. Соколовский. –Текст: непосредственный. –Вестник ВНИИЖТ, 2014. –№4. –С. 33–37.

9. Организация Объединенных Наций : официальный сайт. Минимальные стандартные правила обращения с заключенными. –URL: http://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/prison (дата обращения: 13.12. 2021). –Текст: электронный.

10. Мирошниченко, О.Ф. Оценка себестоимости пассажирских перевозок дальнего следования в Федеральной пассажирской компании / О.Ф. Мирошниченко, М.В. Морозова, Н.В. Фадейкина / –Текст: непосредственный // Железнодорожный транспорт. –2011. –№10. –С. 63–66.

11. Мирошниченко, О.Ф. Новые методические подходы при определении экономической эффективности пассажирского поезда дальнего следования в условиях функционирования ОАО «ФПК» / О.Ф. Мирошниченко, А.Е. Огинская. –Текст: непосредственный // Вестник ВНИИЖТ. –2013. –№ 5. –С. 3–6.

12. Михеева, С.В. Режим конвоирования как элемент режима в учреждениях уголовно-исполнительной системы / С.В. Михеева, В.А. Шиханов. –Текст: непосредственный // Вестник Самарского юридического института. –2015. –№3(17). –С. 58–62.

13. Об утверждении Инструкции по служебной деятельности специальных подразделений уголовно-исполнительной системы по конвоированию (для служебного пользования): приказ Минюста России/МВД России № 199-ДСП/369-ДСП от 24 мая 2006 г. –Текст: непосредственный.

14. Об утверждении перечня видов предприятий, учреждений и организаций, входящих в уголовно-исполнительную систему]: постановление Правительства РФ от 1 февраля 2000 г. № 89 :в ред. от 24 декабря 2014 г: официальный сайт. –Москва. –Обновляется в течение суток. –URL: http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&nd=102064392&rdk=&backlink=1 (дата обращения: 13.12.2021). –Текст: электронный.

15. Об учреждениях и органах, исполняющих уголовные наказания в виде лишения свободы: закон РФ от 21 июля 1993 г. №5473-1; в ред. от 28 декабря 2016 г.: официальный сайт. –Москва. –Обновляется в течение суток. –URL:http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&nd=102025027&rdk=&backlink=1 (дата обращения: 13.12.2021). –Текст: электронный.

16. Опар И.П. Обеспечение имуществом караулов по конвоированию осужденных и лиц, содержащихся под стражей / И.П. Опар. –Текст: непосредственный // Ведомости уголовно-исполнительной системы. –2011. –№7 (110). –С. 17–20.

17. Правила технической эксплуатации железных дорог Российской Федерации. –Москва: Издательство «Омега-Л», 2012. –173 с. –Текст: непосредственный.

18. Системы автоматизации и информационные технологии управления перевозками на железных дорогах: учеб. для студентов вузов ж.-д. трансп. / [В.А. Гапанович и др.]; под общ. ред. В.И. Ковалева, А.Т. Осьминина, Г.М. Грошева. –Москва: Учеб.-методический центр по образованию на ж.-д. трансп.: Маршрут, 2006. –542 с. –(Высшее профессиональное образование. Организация перевозок и управление на железнодорожном транспорте). –ISBN 5-89035-322-5. –Текст: непосредственный.

19. Соколов, М.М. Архитектоника грузовых вагонов: Учебное пособие для работников железнодорожного транспорта / М.М. Соколов, А.В. Третьяков, И.Г. Морчиладзе. –Москва: ИБС-Холдинг, 2006. –394 с. –ISBN 5-987888-008-4. –Текст: непосредственный.

20. «Уголовно-исполнительный кодекс Российской Федерации» от 8 января 1997 г. №1-ФЗ (ред. от 23.11.2020, с изм. от 28.12.2020) (с изм. и доп., вступ. в силу с 17.01.2021)] . –URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_12940/ (дата обращения: 13.12.2021). –Текст: электронный.

21. Усеев, Р.З. Правовые проблемы перемещения осужденных к лишению свободы из одного учреждения уголовно-исполнительной системы в другое специальность 12..00.08.: диссертация на соискание ученой степени кандидата юридических наук / Усеев Ренат Зинурович; Сам. гос. ун-т. –Самара, 2009. –247 с. –Текст: непосредственный.

22. СП 2.5.3650-20. Санитарно-эпидемиологические требования к отдельным видам транспорта и объектам транспортной инфраструктуры. –URL: http://docs.cntd.ru/document/566406892 (дата обращения: 13.12.2021). –Текст: электронный.

23. «Уголовно-исполнительный кодекс Российской Федерации» от 08.01.1997 №1-ФЗ (ред. от 23.11.2020, с изм. от 28.12.2020) (с изм. и доп., вступ. в силу с 17.01.2021). –URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_12940/ (дата обращения: 13.12.2021). –Текст: электронный.

24. ТВЗ: контракт с МВД России выполнен // Режим доступа: http://www.tvz.ru/press/news/news_detail.php?ELEMENT_ID=576&sphrase_id=21506 (дата обращения: 13.12.2021). –Текст: электронный.

Уважаемые авторы!

Редакция журнала «Наука и техника транспорта» просит представлять оригиналы статей, оформленные в соответствии с нижеперечисленными требованиями:

1. Рекомендуемый объем: 5–10 стр.
2. Материалы представляют в бумажном и электронном вариантах на компакт-дисках, набранные в текстовых редакторах MS Word для Windows.
3. Файл — в формате DOC, DOCX или RTF.
4. Формат страницы — А4 (210х297 мм), при этом левое, верхнее и нижнее поля должны быть не менее 20 мм, а правое поле — не менее 10 мм, ориентация страниц книжная.
5. Шрифт Times New Roman (Cyr), размер шрифта 14 pt, межстрочный интервал — полуторный, выравнивание текста по ширине, автоматический перенос, для разметки документа рекомендуется использовать стили текста (назначить нужные стили можно выбрав меню **Формат → Стиль...**). В тексте не должно быть двойных пробелов и двойных абзацев (пустых строк). Все необходимое форматирование (например, расстояние между разделами) можно задавать с помощью тех же стилей, просто установив для стиля заголовка отступы (отбивки) перед и после абзаца.
6. Латинские буквы и простые однострочные формулы вида $A_г = B^2 + CD^2$ набирают прямо в строке MS Word; для вставки одиночных специальных символов, таких как ≤, ≥, ±, ∞, ∪, ∩, → и другие, а также греческих букв используется команда меню **Вставка → Символ...** (используемый шрифт Symbol). Многострочные сложные формулы, формулы с дробями, корнями, матрицы, векторы, системы уравнений и прочие помещают в документ как объект Microsoft Equation или Math Type 5 (**Вставка → Объект...**). Не допускается делить одну формулу на несколько объектов или часть формулы набирать в строке, а часть ее помещать как объект.
7. Любые таблицы набирают непосредственно в MS Word (команда меню **Таблица → Добавить → Таблица...**), либо в тексте дают заголовок таблицы, а таблицу — отдельным файлом MS Excel. Не допускается набор таблиц в тексте с разделением пробелами или табуляцией и сеткой сделанной инструментами рисования, а также помещение в документ Word'а таблиц Excel.
8. Изображения принимаются в форматах:
   - для фото *.tif (без сжатия или LZW) или *.jpg (с максимальным качеством), в разрешении 300 dpi при печатном размере;
   - для рисунков, схем, графиков *.tif, *.jpg, *.bmp, *.gif, *.eps, MS Visio, Corel Draw, Adobe Illustrator (все надписи должны быть переведены в кривые).

Каждое изображение должно быть представлено отдельным файлом. Если нет возможности качественно отрисовать или отсканировать имеющееся изображение, просьба предоставить оригинал (можно от руки).

9. Допускается включение в текст диаграмм, схем и графиков, в том числе выполненных средствами MS Word, при этом рисунок должен быть помещен в текст как объект.
10. К тексту статьи отдельным файлом прилагают аннотацию (4–7 строк), ключевые слова (5–8 слов) и указывают шифр научной специальности.
11. Необходимо представить следующую информацию об авторах:
    - фамилия, имя, отчество;
    - ученая степень, звание;
    - почетные звания, участие в академиях, сведения о наградах;
    - место работы (почтовый индекс, адрес, номера контактных телефонов);
    - должность;
    - область научных интересов (направление исследований);
    - общее количество научных работ;
    - количество монографий;
    - количество учебников;
    - количество патентов.
12. В отдельном файле в цифровом виде следует приложить качественные цветные фотографии авторов размером не менее 400×600 пикселей (см. требования к предоставляемым фото) или, при отсутствии цифровых, фотоснимки на глянцевой бумаге.
13. Плата с аспирантов за публикацию рукописей не взимается.

Уважаемые читатели!

Редакция с благодарностью примет предложения по повышению эффективности работы журнала и по улучшению его дизайна.