



# Вестник

Уральского  
государственного  
университета  
путей сообщения

Научный журнал

**Herald**  
**of the Ural State University**  
**of Railway Transport**

Scientific journal



Научный журнал  
«Вестник Уральского государственного  
университета путей сообщения»  
№ 1 (29), 2016 год

**Главный редактор,  
научный редактор**  
Василий Михайлович Сай

**Литературный и выпускающий редактор**  
Людмила Станиславовна Барышникова

**Техническое редактирование и верстка**  
Светлана Николаевна Наймушина  
**Дизайн обложки**  
Ольга Петровна Игнатьева

**Учредитель и издатель:**  
Уральский государственный  
университет путей сообщения  
(УрГУПС)

**Адрес для корреспонденции:**  
620034, Екатеринбург,  
ул. Колмогорова, 66, УрГУПС,  
редакция журнала  
«Вестник УрГУПС»

**Телефон редакции:** (342) 221-25-60.  
**Веб-сайт:** [www.vestnik.usurt.ru](http://www.vestnik.usurt.ru);  
**e-mail:** [vestnik@usurt.ru](mailto:vestnik@usurt.ru).

Журнал издается по решению  
ученого совета университета  
©УрГУПС

«Вестник УрГУПС» включен ВАКом  
в перечень периодических, научных  
и научно-технических изданий,  
выпускаемых в Российской Федерации,  
в которых рекомендуется публикация  
основных результатов диссертаций.

DOI:10.20291/2079-0392

Свидетельство о регистрации  
средства массовой информации  
Роскомнадзора ПИ № ФС77–38188  
от 30 ноября 2009 г.

Подписной индекс журнала  
в общероссийском  
каталоге «Роспечать» — 70070

Отпечатано в издательстве  
Уральского государственного  
университета путей сообщения,  
620034, Екатеринбург,  
ул. Колмогорова, 66.

Подписано в печать 26.03.2016.

Тираж 300. 1-й з-д: 1–80.  
Формат 70×100/16.  
Заказ 87

Scientific journal «Herald of the  
Ural State University  
of Railway Transport»  
№ 1 (29), 2016

**Editor-in-chief,  
Science editor**  
Vasily M. Say

**Script and copy editor**  
Lyudmila S. Baryshnikova

**Technical editing and make-up**  
Svetlana N. Naymushina

**Cover design**  
Olga P. Ignatjeva

**Founder and publisher:**  
The Ural State University  
of Railway Transport  
(USURT)

**Correspondence address:**  
«Herald of USURT» editorial office  
The Ural State University of Railway Transport»  
66 Kolmogorov Street,  
620034, Ekaterinburg

**Telephone:** +7 (342) 221-25-60.  
**Web-site:** [www.vestnik.usurt.ru](http://www.vestnik.usurt.ru);  
**e-mail:** [vestnik@usurt.ru](mailto:vestnik@usurt.ru).

The journal is published by the decision of  
University Academic Board  
©USURT

DOI:10.20291/2079-0392

Certificate of registration of mass media  
by the Federal Service for Supervision  
in the sphere of communications,  
information technology and mass communications  
(Roskomnadzor) PI № FS77–38188  
of November 30, 2009.

Subscription reference number of the issue  
in the All Russia Catalogue «Rospechat» — 70070

Printed in the Publishing house  
of the Ural State University of  
Railway Transport  
66 Kolmogorov Street,  
620034, Ekaterinburg.

Passed for printing 26.03.2016.

Circulation 300. 1-й з-д: 1–80.  
Format 70×100/16.  
Order 87

## МЕЖДУНАРОДНЫЙ РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

**Кейт Бурнхам**, профессор, Университет г. Ковентри, факультет машиностроения и вычислительной техники, Великобритания

**Петер Копачек**, профессор, Венский технологический университет, Венский институт транспорта и робототехники, интеллектуальный транспорт и робототехника, Вена, Австрия

**Владимир Цыганов**, д-р техн. наук, профессор, Институт проблем управления Российской академии наук, Москва, Россия

**Сергей Герман-Галкин**, д-р техн. наук, профессор, Морская академия, Институт судовой автоматики и электротехники, Щецин, Польша

**Клаус Беккер**, профессор, Университет прикладных наук г. Кельна, Институт автомобильной техники, лаборатория NVH, Германия

**Василий Сай**, д-р техн. наук, профессор, Уральский государственный университет путей сообщения, Екатеринбург, Россия

## РЕДКОЛЛЕГИЯ

**Вовк Алексей Александрович**, д-р экон. наук, профессор, МГУПС, Москва

**Воскресенская Тамара Петровна**, д-р техн. наук, профессор, СибГИУ, Новокузнецк

**Воробьев Александр Алексеевич**, д-р техн. наук, профессор, МГУПС, Москва

**Ефимов Александр Васильевич**, канд. техн. наук, профессор, УрГУПС, Екатеринбург

**Корнилов Сергей Николаевич**, д-р техн. наук, профессор, МГТУ, Магнитогорск

**Нестеров Валерий Леонидович**, д-р техн. наук, профессор, УрГУПС, Екатеринбург

**Кузнецов Константин Борисович**, д-р техн. наук, профессор, УрГУПС, Екатеринбург

**Сапожников Валерий Владимирович**, д-р техн. наук, профессор, ПГУПС, Санкт-Петербург

**Сизый Сергей Викторович**, д-р техн. наук, профессор, УрФУ, Екатеринбург

**Щурин Константин Владимирович**, д-р техн. наук, профессор, ОГУ, Оренбург

**Тимофеева Галина Адольфовна**, д-р физ.-мат. наук, профессор, УрГУПС, Екатеринбург

## INTERNATIONAL EDITORIAL BOARD

**Keith Burnham**, professor, Coventry University, Faculty of Engineering and Computing, Great Britain

**Peter Kopachek**, professor, Vienna University of Technology, Vienna Institute of Transportation and Robotics, Intelligent Transportation and Robotics, Vienna, Austria

**Vladimir Tsyganov**, DSc, professor, Russian Academy of Sciences, Institute of Control Sciences, Moscow, Russia

**Sergey German-Galkin**, DSc, professor Maritime Academy, Institute of naval automation and electric engineering, Szczecin, Poland

**Klaus Becker**, professor, Cologne University of Applied Sciences, Institute of Automotive Engineering, NVH Laboratory, Germany

**Vasily Say**, DSc, professor, The Ural State University of Railway Transport, Ekaterinburg, Russia

## EDITORIAL BOARD

**Vovk Alexei Aleksandrovich**, DSc, professor, Moscow State University of Railway Transport, Moscow

**Voskresenskaya Tamara Petrovna**, DSc, professor, Siberian State Industrial University, Novokuznetsk

**Vorobjev Alexander Alexeevich**, DSc, professor, Moscow State University of Railway Transport, Moscow

**Efimov Alexander Vasilievich**, DSc, professor, The Ural State University of Railway Transport, Ekaterinburg

**Kornilov Sergey Nikolaevich**, DSc, professor, Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk

**Nesterov Valery Leonidovich**, DSc, professor, The Ural State University of Railway Transport, Ekaterinburg

**Kuznetsov Konstantin Borisovich**, DSc, professor, The Ural State University of Railway Transport, Ekaterinburg

**Sapozhnikov Valery Vladimirovich**, DSc, professor, Petersburg State University of Railway Transport, Saint-Petersburg

**Sizyi Sergey Viktorovich**, D. Sc. in engineering, professor, Ural Federal University, Ekaterinburg

**Shchurin Konstantin Vladimirovich**, DSc, professor, Orenburg State University, Orenburg

**Timofeeva Galina Adolfova**, DSc, professor, The Ural State University of Railway Transport, Ekaterinburg

# Содержание

## Математические модели технологических процессов

- 4 А. С. Кирьянова, А. В. Мезентцев. Математическое моделирование движения свободной границы под действием силы тяготения и горизонтальных внешних сил
- 11 Я. А. Божалкина. Влияние первичной классификации клиентов на эффективность скорингового метода

## Механика машин и роботов

- 18 А. В. Смольянинов, А. Н. Давыдов. Методика расчета соотношений рабочего хода и начальной деформации упругого элемента бокового скользуна постоянного контакта
- 23 А. Н. Киреев. Настройка функции ВРЧ ультразвуковой аппаратуры при диагностировании элементов экипажной части подвижного состава железных дорог
- 30 А. К. Остапчук. Оценка профиля шероховатости поверхности при выглаживании термоупрочненных сталей

## Безопасность деятельности человека

- 40 К. В. Кузнецов, Д. В. Лесников. Принципы моделирования процессов в защитном заземлении опор контактной сети постоянного тока
- 46 И. Г. Хаманов, А. Н. Щетинин. Метод многофакторной оценки вредности и опасности биологического фактора на железнодорожном транспорте

## Строительные конструкции

- 57 Х. Ягофаров, А. Х. Ягофаров, Х. Х. Ягофаров. Сборно-монолитное перекрытие нового типа. Пример расчета и проектирования

## Организация образовательного процесса

- 78 В. Д. Верескун, В. Л. Самсонов, О. Б. Сухорукова. Автоматизация производственных процессов образовательного учреждения: об опыте внедрения программного комплекса «1С: Университет проф»

## История и современность

- 86 К. В. Корсаков. Городское пространство в ракурсе современной уголовно-правовой науки
- 94 А. В. Кутищев. Образ войны в культуре Нового времени

## Аспирантская тетрадь

- 106 Д. А. Сивицкий. Анализ отечественного и зарубежного опыта разработки и использования моделей технологии многогруппной сортировки вагонов
- 116 Н. Г. Шешера. Чувствительность методики коэффициентов травматизма
- 123 Ю. А. Кочунов, А. А. Ягодин, Р. А. Никифоров. Анализ работы поддерживающих конструкций ВЛ 6–10 кВ
- 132 А. С. Степанов. Разработка алгоритма прогнозирования отказов подсистем автомобильного пассажирского транспорта

# Contents

## Mathematic models of technological processes

- 4 A. V. Mezentsev, A. S. Kiryanov. Mathematical modeling of free boundary movement under the influence of gravity and horizontal external forces
- 11 Ya. A. Bozhalkina. Impact of primary classification of clients on the efficiency of scoring method

## Mechanics of machines and robots

- 18 A. V. Smolyaninov, A. N. Davydov. A method for calculation of relationship between forward motion and initial deformation of the elastic element of constant contact side bearer
- 23 A. N. Kireev. Setting time corrected gain function of ultrasonic equipment for diagnosing rolling stock undercarriage elements
- 30 A. K. Ostapchuk. Evaluation of the roughness profile of the surface when smoothing hardened steels

## Personal and social safety

- 40 K. V. Kuznetsov, D. V. Lesnikov. Principles of modeling of processes in protective earthing of dc catenary supports
- 46 I. G. Khamanov, A. N. Schetinin. A method for multifactorial assessment of adverse health effects and hazard of biological factor on railway transport

## Building structures

- 57 Kh. Yagofarov, A. Kh. Yagofarov, Kh. Kh. Yagofarov. New type of precast-monolithic slab panels. Analysis and design example

## Study process organization

- 78 V. D. Vereskun, V. L. Samsonov, O. B. Sukhorukov. Automation of business processes of an educational institution: experience of implementation of «1C: University prof» software system

## History and modernity

- 86 K. V. Korsakov. Urban space in criminal sciences perspective
- 94 A. V. Kutishchev. Image of war in the culture of the New time

## Research of young scientists

- 106 D. A. Sivitskiy. Analysis of domestic and foreign experience of development and use of models of multi-group sorting technology for railway cars
- 116 N. G. Sheshera. Sensitivity of injury frequency rate method
- 123 Yu. A. Kochunov, A. A. Yagodin, R. A. Nikiforov. Analysis of performance of supporting structures of 6–10 kV overhead lines
- 132 A. S. Stepanov. Development of algorithms for predicting failures of road passenger transport subsystems

# Математические модели технологических процессов

УДК 517.95+533.6

*А. В. Мезенцев, А. С. Кирьянова*

## Математическое моделирование движения свободной границы под действием силы тяготения и горизонтальных внешних сил

UDC 517.95+533.6

*A. V. Mezentsev, A. S. Kiryanova*

## Mathematical modeling of free boundary movement under the influence of gravity and horizontal external forces

### Аннотация

Задачи об истечении газа в вакуум в условиях действия внешних массовых сил рассматривались ранее [1–6]. Подробный обзор полученных результатов можно найти в [1]. В работе [2] построено трехмерное течение политропного газа, возникшее в результате распада специального разрыва; решение построено в виде сходящихся характеристических рядов во всей области течения до свободной поверхности включительно. В работе [3] изучено одномерное течение политропного газа, гравитирующего по Ньютону. В работе [4] исследовались начально-краевые задачи для трехмерных течений политропного газа, в условиях трехмерных течений, примыкающие к вакууму в условиях действия сил тяготения и Кориолиса. В работе [6] для описания волн жидкости использовалась двумерная модель сжимаемой сплошной среды. В работе [7] проведено приближенное математическое моделирование обрушения волны под действием ветровой нагрузки. При этом рассматривается только движение свободной границы волны без учета движения среды внутри волны. Для построения поверхности обрушающейся волны рассматриваются решения системы

обыкновенных дифференциальных уравнений, которые выписываются в явном виде.

В данной работе рассматриваются трехмерные изэнтропические течения идеально-го политропного газа, примыкающие к вакууму в условиях действия сил тяготения и горизонтальных внешних сил. Исследуется задача о непрерывном примыкании газа к вакууму. Методом характеристических кривых система дифференциальных уравнений в частных производных, описывающая закон движения свободной поверхности «газ-вакуум», сводится к системе обыкновенных дифференциальных уравнений, решение которой получается в аналитическом виде.

Для построения закона движения свободной поверхности проведены численные расчеты по полученным формулам с различными параметрами начальных условий и для различных конфигураций горизонтальной внешней силы.

**Ключевые слова:** идеальный политропный газ, вакуум, внешние силы, сила тяготения, модель газовой динамики, свободная поверхность газ-вакуум, задача о непрерывном примыкании газа к вакууму.

DOI:10.20291/2079-0392-2016-1-4-10

**Алексей Владимирович Мезенцев**, канд. физ.-мат. наук, доцент; кафедра «Высшая и прикладная математика» Уральского государственного университета путей сообщения; Екатеринбург, Россия. E-mail: AMezentsev@usurt.ru.

**Анна Сергеевна Кирьянова**, аспирант; кафедра «Высшая и прикладная математика» Уральского государственного университета путей сообщения; Екатеринбург, Россия. E-mail: Kiranita@yandex.ru.

**Aleksey Vladimirovich Mezentsev**, PhD in Physics and Mathematics, Associate Professor; Higher and Applied Mathematics Department, Ural State University of Railway Transport; Ekaterinburg, Russia. E-mail: AMezentsev@usurt.ru.

**Anna Sergeevna Kiryanova**, PhD student; Higher and Applied Mathematics Department, Ural State University of Railway Transport; Ekaterinburg, Russia. E-mail: Kiranita@yandex.ru.

**Summary**

Problem of gas outflow into vacuum under the action of external mass forces has been discussed previously [1–6]. A detailed review of the results can be found in [1]. In [2], a three-dimensional polytropic gas flow was built, resulting from the collapse of a special break; the solution is created in the form of convergent characteristic series in the entire flow field up to the free surface inclusive. [3] studied one-dimensional flow of a polytropic gas under Newtonian gravitation. In [4], the initial-boundary value problems were examined for three-dimensional flows of a polytropic gas in self-gravitation environment. In [5], three-dimensional flows adjacent to vacuum under the action of gravity and Coriolis forces were constructed. In [6], two-dimensional model of a compressible continuous medium was used to describe fluid waves. In [7], an approximate mathematical modeling of wave collapse under the influence of wind load was carried out. In this case, only the motion of a free wave boundary is considered without taking into account the motion of medium inside the wave. To construct

a breaking wave surface, solutions of ordinary differential equation system are considered, written out explicitly.

This paper examines three-dimensional isentropic flows of an ideal polytropic gas adjacent to vacuum under the action of gravity and horizontal external forces. The problem of continuous abutment of gas to vacuum is studied. Using characteristic curves method, the partial differential system describing the law of motion of the free surface «gas-vacuum» is reduced to an ordinary differential system, the solution of which is obtained in an analytical form.

In order to create the law of motion of free surface, numerical calculations were performed using the obtained formulas with different parameters of initial conditions and for different configurations of horizontal external force.

**Keywords:** ideal polytropic gas, vacuum, external forces, force of gravity, gas dynamics model, free surface gas-vacuum, problem of continuous abutment of gas to vacuum.

DOI:10.20291/2079-0392-2016-1-4-10

**1. Постановка задачи**

В момент  $t = t_0$  трехмерная поверхность  $\Gamma$  с уравнением  $z = \varphi(x, y)$  отделяет идеальный политропный газ от вакуума. В задаче предполагается, что газ находится снаружи, а внутри полости – вакуум. В момент  $t = t_0$  известны распределения параметров газа:  $\mathbf{U} = \mathbf{U}_0(\mathbf{x}) = \{u, v, w\}$  – скорости газа;  $c = c_0(\mathbf{x})$  – скорости звука газа, где  $\mathbf{x} = \{x, y, z\}$ . Функции  $\mathbf{U}_0(\mathbf{x})$ ,  $c_0(\mathbf{x})$ , а также функция, задающая поверхность  $\Gamma$ , предполагаются аналитическими. Будет также предполагаться, что в начальный и во все последующие моменты времени  $t > t_0$  на границе газ-вакуум функция  $c_0(t, \mathbf{x})|_{\Gamma_0} = 0$ , то есть газ непрерывно примыкает к вакууму.

Необходимо построить закон движения свободной поверхности  $\Gamma_0$ .

В этой работе будут рассматриваться изэнтропические течения идеального политропного газа, примыкающие к вакууму в условиях действия сил тяготения и горизонтальных внешних сил. Система уравнений, описывающая изэнтропические течения идеального политропного газа в этих условиях [1]:

$$\begin{aligned} c_t + c_x u + c_y v + c_z w + \frac{\gamma-1}{2} c(u_x + v_y + w_z) &= 0, \\ u_t + u_x u + u_y v + u_z w + \frac{2}{\gamma-1} c c_x &= f_1(x, y), \\ v_t + v_x u + v_y v + v_z w + \frac{2}{\gamma-1} c c_y &= f_2(x, y), \\ w_t + w_x u + w_y v + w_z w + \frac{2}{\gamma-1} c c_z &= -g. \end{aligned} \tag{1.1}$$

Здесь  $g$  – ускорение свободного падения;  $c$  – скорость звука газа,  $u, v, w$  – проекции вектора скорости в декартовой системе координат  $x, y, z$ .

В системе (1.1) введем новую независимую переменную  $\eta = z - z_0(t, x, y)$ , где  $z = z_0(t, x, y)$  – неизвестный закон движения свободной поверхности  $\Gamma_0$ . В начальный момент времени совпадает  $\Gamma_0$  с  $\Gamma$ , то есть  $z_0(t_0, x, y) = \varphi(x, y)$ .

Заметим, что введя так новую независимую переменную, мы поверхность  $\Gamma_0$  взяли за новую координатную плоскость  $\eta = 0$ . Получим систему:

$$\begin{aligned} c_t + c_x u + c_y v + (w - z_{0t} - z_{0x} u - z_{0y} v) c_{\eta} + \\ + \frac{\gamma-1}{2} c(u_x + v_y + w_{\eta} - z_{0x} u_{\eta} - z_{0y} v_{\eta}) &= 0, \\ u_t + u_x u + u_y v + (w - z_{0t} - z_{0x} u - z_{0y} v) u_{\eta} + \\ + \frac{2}{\gamma-1} c(c_x - z_{0x} c_{\eta}) &= f_1(x, y), \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &v_t + v_x u + v_y v + (w - z_{0t} - z_{0x} u - z_{0y} v) v_\eta + \\
 &+ \frac{2}{\gamma - 1} c(c_y - z_{0y} c_\eta) = f_2(x, y), \\
 &w_t + w_x u + w_y v + (w - z_{0t} - z_{0x} u - z_{0y} v) w_\eta + \\
 &+ \frac{2}{\gamma - 1} c c_\eta = -g. \tag{1.2}
 \end{aligned}$$

Начальные условия переписываются в виде

$$\begin{aligned}
 c(t_0, x, y, \eta) &= c_0(x, y, \eta + \varphi(x, y)), \\
 u(t_0, x, y, \eta) &= u_0(x, y, \eta + \varphi(x, y)), \\
 v(t_0, x, y, \eta) &= v_0(x, y, \eta + \varphi(x, y)), \\
 w(t_0, x, y, \eta) &= w_0(x, y, \eta + \varphi(x, y)).
 \end{aligned}$$

Условие на свободной поверхности:

$$c(t, x, y, 0) = 0. \tag{1.3}$$

Далее предполагается, что

$$c_{0\eta}(x, y, \eta + \varphi(x, y))|_{\eta=0} \neq 0.$$

В системе (1.2) положим  $\eta = 0$  и, учитывая условие (1.3), получим

$$\begin{aligned}
 z_{0t} + z_{0x} u_0 + z_{0y} v_0 &= w_0, \\
 u_{0t} + u_{0x} u_0 + u_{0y} v_0 &= f_1(x, y), \\
 v_{0t} + v_{0x} u_0 + v_{0y} v_0 &= f_2(x, y), \\
 w_{0t} + w_{0x} u_0 + w_{0y} v_0 &= -g.
 \end{aligned} \tag{1.4}$$

Начальные условия для системы (1.4) будут иметь вид

$$\begin{aligned}
 z_0(t_0, x, y) &= \varphi(x, y), \\
 u_0(t_0, x, y) &= u_0(x, y, \varphi(x, y)) = u_{00}(x, y), \\
 v_0(t_0, x, y) &= v_0(x, y, \varphi(x, y)) = v_{00}(x, y), \\
 w_0(t_0, x, y) &= w_0(x, y, \varphi(x, y)) = w_{00}(x, y).
 \end{aligned} \tag{1.5}$$

Система (1.4) с помощью характеристического параметра  $\tau$  сводится к системе обыкновенных дифференциальных уравнений:

$$\begin{aligned}
 z_0 &= w_0, \quad x_t = u_0, \quad y_t = v_0, \\
 u_{0t} &= f_1(x, y), \quad v_{0t} = f_2(x, y), \quad w_{0t} = -g.
 \end{aligned} \tag{1.6}$$

## 2. Построение двумерных точных решений

В двумерном случае система (1.6) будет иметь вид

$$z_t = w, \quad x_t = u, \quad u_t = f_1(x), \quad w_t = -g. \tag{2.1}$$

Здесь и далее, для простоты восприятия, нижний индекс  $_0$  при неизвестных функциях, описывающих свободные границы, снят.

Для системы (2.1) начальные условия будут иметь вид

$$\begin{aligned}
 z(t_0, \xi) &= \varphi(\xi), \\
 u(t_0, \xi) &= u_0(x, \varphi(x)) = u_{00}(\xi), \\
 w(t_0, \xi) &= w_0(x, \varphi(x)) = w_{00}(\xi).
 \end{aligned} \tag{2.2}$$

Здесь  $x|_{t=t_0} = \xi$ .

Интегрируя последнее и первое уравнения системы (2.1) с учетом условий (2.2), получим

$$w = w_{00}(\xi) - g(t - t_0),$$

$$z = \varphi(\xi) + w_{00}(\xi)(t - t_0) - g(t - t_0)^2/2.$$

Рассмотрим различные случаи горизонтальной внешней массовой силы.

### 2.1. Случай $f_1(x) = \pm a^2$

Интегрируя третье уравнение системы (2.1) с учетом условий (2.2), имеем

$$u = u_{00}(\xi) \pm a^2(t - t_0),$$

$$x = \xi + u_{00}(\xi)(t - t_0) \pm a^2(t - t_0)^2/2.$$

### 2.2. Случай $f_1(x) = +a^2 x$

Продифференцировав второе уравнение системы (2.1) с учетом третьего уравнения, получим

$$x_{tt} - a^2 x = 0.$$

После интегрирования и преобразований будем иметь

$$\begin{aligned}
 x &= C_1 e^{a(t-t_0)} + C_2 e^{-a(t-t_0)}, \\
 u &= a C_1 e^{a(t-t_0)} - a C_2 e^{-a(t-t_0)}.
 \end{aligned} \tag{2.3}$$

Положив в соотношениях (2.3)  $t = t_0$ , получим

$$\begin{aligned}
 \xi &= C_1 + C_2, \\
 u_{00}(\xi) &= a C_1 - a C_2.
 \end{aligned}$$

После преобразований имеем

$$\begin{aligned}
 C_1 &= \frac{1}{2a} (a\xi + u_{00}(\xi)), \\
 C_2 &= \frac{1}{2a} (a\xi - u_{00}(\xi)).
 \end{aligned}$$



В результате получим

$$\begin{aligned} x &= \frac{1}{2a} (a\xi + u_{00}(\xi)) e^{a(t-t_0)} + \\ &+ \frac{1}{2a} (a\xi - u_{00}(\xi)) e^{-a(t-t_0)}, \\ u &= \frac{1}{2} (a\xi + u_{00}(\xi)) e^{a(t-t_0)} - \\ &- \frac{1}{2} (a\xi - u_{00}(\xi)) e^{-a(t-t_0)}. \end{aligned}$$

### 2.3. Случай $f_1(x) = -a^2x$

Продифференцировав второе уравнение системы (2.3) с учетом третьего уравнения, получим

$$x_{tt} + a^2x = 0.$$

После интегрирования и преобразований будем иметь

$$\begin{aligned} x &= C_1 \cos[a(t-t_0)] + C_2 \sin[a(t-t_0)], \\ u &= -aC_1 \sin[a(t-t_0)] + aC_2 \cos[a(t-t_0)]. \end{aligned} \quad (2.4)$$

Положив в соотношениях (2.4)  $t = t_0$ , получим

$$\begin{aligned} \xi &= C_1, \\ u_{00}(\xi) &= aC_2. \end{aligned}$$

В результате получаем

$$\begin{aligned} x &= \xi \cos[a(t-t_0)] + \\ &+ \frac{1}{a} u_{00}(\xi) \sin[a(t-t_0)], \\ u &= -a\xi \sin[a(t-t_0)] + \\ &+ u_{00}(\xi) \cos[a(t-t_0)]. \end{aligned}$$

### 3. Построение трехмерных точных решений

Рассмотрим три случая горизонтальной внешней силы.

#### Случай 3.1. $f_1(x,y) = -a^2x, f_2(x,y) = \pm b^2$ .

В результате интегрирования системы (1.6) получим

$$\begin{aligned} x &= \xi \cos[a(t-t_0)] + \\ &+ \frac{1}{a} u_{00}(\xi, \zeta) \sin[a(t-t_0)], \\ y &= \zeta_{00} + v_{00}(\xi, \zeta)(t-t_0) \pm \frac{b^2(t-t_0)^2}{2}, \end{aligned} \quad (3.1)$$

$$z = \varphi(\xi, \zeta) + w_{00}(\xi, \zeta)(t-t_0) - \frac{g(t-t_0)^2}{2},$$

$$\begin{aligned} u &= -a\xi \sin[a(t-t_0)] + \\ &+ u_{00}(\xi, \zeta) \cos[a(t-t_0)], \end{aligned}$$

$$v = v_{00}(\xi, \zeta) \pm b^2(t-t_0),$$

$$w = w_{00}(\xi, \zeta) - g(t-t_0).$$

Здесь  $x|_{t=t_0} = \xi, y|_{t=t_0} = \zeta$ .

#### Случай 3.2. $f_1(x,y) = \pm a^2, f_2(x,y) = -b^2y$ .

В результате интегрирования системы (1.6) получим

$$\begin{aligned} x &= \xi + u_{00}(\xi, \zeta)(t-t_0) \pm a^2(t-t_0)^2/2, \\ y &= \zeta \cos[b(t-t_0)] + \\ &+ \frac{1}{b} v_{00}(\xi, \zeta) \sin[b(t-t_0)], \\ z &= \varphi(\xi, \zeta) + w_{00}(\xi, \zeta)(t-t_0) - \\ &- g(t-t_0)^2/2, \end{aligned} \quad (3.2)$$

$$\begin{aligned} u &= -b\xi \sin[b(t-t_0)] + \\ &+ v_{00}(\xi, \zeta) \cos[b(t-t_0)], \end{aligned}$$

$$u = u_{00}(\xi, \zeta) \pm a^2(t-t_0),$$

$$w = w_{00}(\xi, \zeta) - g(t-t_0).$$

#### Случай 3.3. $f_1(x,y) = -a^2x, f_2(x,y) = -b^2y$ .

В результате интегрирования системы (1.6) получим

$$\begin{aligned} x_{tt} + a^2x &= 0, \\ y_{tt} + b^2y &= 0. \end{aligned}$$

После интегрирования и преобразований будем иметь

$$\begin{aligned} x &= C_1 \cos[a(t-t_0)] + \\ &+ C_2 \sin[a(t-t_0)], \\ y &= C_3 \cos[b(t-t_0)] + \\ &+ C_4 \sin[b(t-t_0)], \\ u &= -aC_1 \sin[a(t-t_0)] + \\ &+ aC_2 \cos[a(t-t_0)], \\ v &= -bC_3 \sin[b(t-t_0)] + \\ &+ bC_4 \cos[b(t-t_0)]. \end{aligned} \quad (3.3)$$



Положив в соотношениях (3.3)  $t = t_0$ , получим

$$\begin{aligned}\xi &= C_1, \\ \zeta &= C_2, \\ u_{00}(\xi, \zeta) &= aC_2, \\ v_{00}(\xi, \zeta) &= bC_4.\end{aligned}$$

В результате интегрирования системы (1.6) получим

$$\begin{aligned}x &= \xi \cos[a(t - t_0)] + \\ &+ \frac{1}{a} u_{00}(\xi, \zeta) \sin[a(t - t_0)], \\ y &= \zeta \cos[b(t - t_0)] + \\ &+ \frac{1}{b} v_{00}(\xi, \zeta) \sin[b(t - t_0)], \\ z &= \varphi(\xi, \zeta) + w_{00}(\xi, \zeta)(t - t_0) - \\ &- \frac{g(t - t_0)^2}{2}, \\ u &= -a\xi \sin[a(t - t_0)] + \\ &+ u_{00}(\xi, \zeta) \cos[a(t - t_0)], \\ v &= -b\zeta \sin[b(t - t_0)] + \\ &+ v_{00}(\xi, \zeta) \cos[b(t - t_0)], \\ w &= w_{00}(\xi, \zeta) - g(t - t_0).\end{aligned}$$

Таким образом, при заданных горизонтальных массовых силах построены в параметрической форме двумерные и трехмерные законы движения свободных границ.

#### 4. Численное моделирование двумерных точных решений

Численно построим двумерное решение, соответствующее случаю 3.1 для  $y = 0$ .

##### Литература

1. Баутин С. П., Дерябин С. Л. Математическое моделирование истечения идеального газа в вакуум. Новосибирск: Наука, 2005. 390 с. ISBN 5-02-032505-8.
2. Дерябин С. Л. Трехмерное истечение в вакуум неоднородного движущегося газа в условиях действия внешних массовых сил // Динамика сплошной среды. 1987. Вып. 83. С. 60–71.
3. Дерябин С. Л. Одномерное истечение самогравитирующего идеального газа в вакуум // Вычислительные технологии. 2003. Т. 8. № 4. С. 32–44. ISSN 1560-7534.
4. Дерябин С. Л., Чуев Н. П. Исследование трехмерных течений самогравитирующего идеального газа, непрерывно примыкающих к вакууму // Вестник УрГУПС. № 2 (14). 2012. С. 4–13. ISBN 2079-0392.

$$\begin{aligned}x &= \xi \cos[a(t - t_0)] + \\ &+ \frac{1}{a} u_{00}(\xi) \sin[a(t - t_0)], \\ z &= \varphi(\xi) + w_{00}(\xi)(t - t_0) - \frac{g(t - t_0)^2}{2},\end{aligned}\quad (4.1)$$

$$\begin{aligned}u &= -a\xi \sin[a(t - t_0)] + \\ &+ u_{00}(\xi) \cos[a(t - t_0)], \\ w &= w_{00}(\xi) - g(t - t_0).\end{aligned}$$

Пусть начальные свободные границы задаются функциями

$$\varphi(\xi) = \sqrt{\xi}, \quad \varphi(\xi) = \xi, \quad \varphi(\xi) = \xi^2, \quad (4.2)$$

а начальные скорости соотношениями

$$w_{00}(\xi) = 0, \quad w_{00}(\xi) = 1, \quad (4.3)$$

$$u_{00}(\xi) = -1, \quad u_{00}(\xi) = -\xi, \quad u_{00}(\xi) = -\xi^2. \quad (4.4)$$

Положения свободных границ в моменты времени  $t = t_0 = 0$ ;  $t = 1$  и  $t = 1,5$  представлены на рис. 1–3 (расчеты проводились для безразмерных значений параметров  $g = 0,9$ ;  $a = 1$ ,  $u_{00} = -1$ ,  $w_{00} = 0$ ).

Расчеты проводились при различных значениях параметров внешних сил и начальной скорости. Конфигурации границ  $\Gamma$  в начальный момент времени определялись формулами (4.2). Расчеты показали, что для всех рассматриваемых начальных конфигураций границ  $\Gamma$  в момент времени  $t = 1,57$  на свободной границе  $\Gamma_0$  формируется вертикаль. После этого происходит опрокидывание волны. ■

*Авторы благодарят профессора С. П. Баутину и профессора С. Л. Дерябина за полезное обсуждение данной работы.*

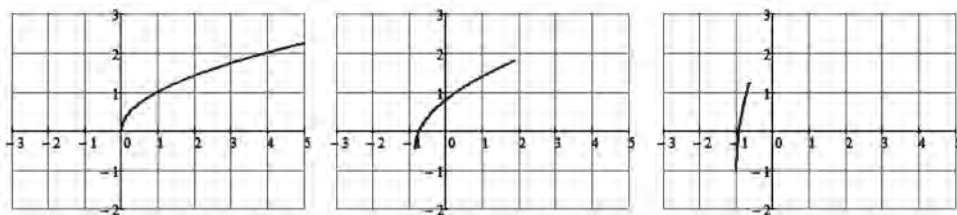


Рис. 1

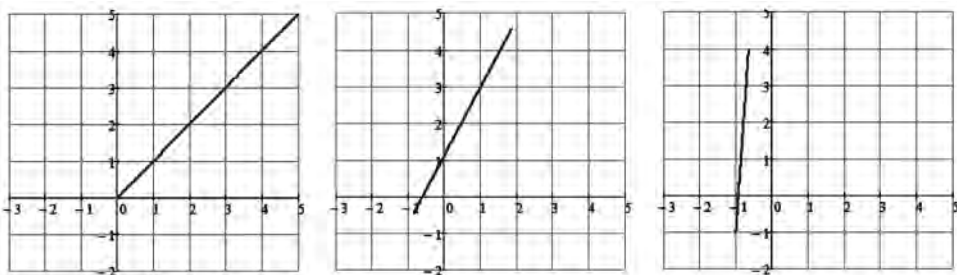


Рис. 2

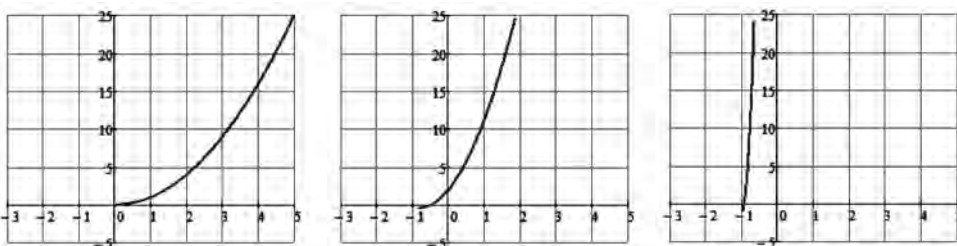


Рис. 3

5. Дерябин С.Л., Мезенцев А.В. Численно-аналитическое моделирование газовых течений, примыкающих к вакууму в условиях действия сил тяготения и Кориолиса // Вычислительные технологии. 2010. Т. 15. № 5. С. 51–71. ISSN 1560-7534.
6. Дерябин С.Л., Мезенцев А.В. Двумерная модель сжимаемой сплошной среды для описания волн жидкости // Вестник Тюменского государственного университета. 2014. № 7. Физико-математические науки. Информатика. С. 74–82. ISSN 2411-7978.
7. Баутин С.П. Численное моделирование движения свободной границы волны, обрушающейся под воздействием ветровой нагрузки // Вычисл. технологии. 2012. Т. 17. № 5. С. 3–1. ISSN 1560-7534.

**References**

1. Bautin S. P., Deryabin S. L. Matematicheskoe modelirovanie istecheniya idealnogo gaza v vakuum. [Mathematical modeling of ideal gas escape into vacuum] Novosibirsk : Nauka, 2005. 390 s. ISBN 5-02-032505-8.
2. Deryabin S. L. Trekhmernoe istechenie v vakuum neodnorodnogo dvizhushegosya gaza v usloviyakh deystviya vneshnikh massovykh sil [Three-dimensional outflow of inhomogeneous moving gas into vacuum under the action of external mass forces] // Dinamika sploshnoy sredy. 1987. Issue 83. S. 60–71.
3. Deryabin S. L. Odnomernoe istechenie samogravitiruyushego idealnogo gaza v vakuum [One-dimension escape of self-gravitating ideal gas into vacuum] // Vychislitelnye tekhnologii. 2003. Vol. 8. № 4. S. 32–44. ISSN1560-7534.

4. Deryabin S. L., Chuev N. P. Issledovanie trekhmernykh techeniy samogravitiruyushego idealnogo gaza, nepreryvno primykayuschikh k vakuumu [The study of three-dimensional movements of self-gravitating ideal gas continuously adjacent to vacuum] // Herald of USURT. № 2 (14). 2012. S. 4–13. ISBN 2079–0392.
5. Deryabin S. L., Mezentsev A. V. Chislenno-analiticheskoe modelirovanie gazovykh techeniy, primykayuschikh k vakuumu v usloviyakh deystviya sil tyagoteniya i Koriolisa [Numerical and analytical modeling of gas flows adjacent to vacuum under the action of gravity and Coriolis forces] // Vychislitelnye tekhnologii. 2010. T. 15. № 5. S. 51–71. ISSN 1560-7534.
6. Deryabin S. L., Mezentsev A. V. Dvumernaya model szhimaemoy sploshnoy sredy dlya opisaniya voln zhidkosti [Two-dimensional model of a compressible continuum to describe fluid waves] // Vestnik Tyumenskogo gosudarstvennogo universiteta. 2014. № 7. Fiziko-matematicheskie nauki. Informatika. S. 74–82. ISSN 2411-7978.
7. Bautin S. P. Chislennoe modelirovanie dvizheniya svobodnoy granitsy volny, obrushayuscheysya pod vozdeystviem vetrovoy nagruzki [Numerical simulation of wave boundary movement collapsing under the influence of wind load] // Vychisl. tekhnologii. 2012. T. 17. № 5. S. 3–1. ISSN 1560-7534.

*Статья сдана в редакцию 10 сентября 2015 года*

---

*Я. А. Божалкина*

## Влияние первичной классификации клиентов на эффективность скорингового метода

---

*Ya.A. Bozhalkina*

## Impact of primary classification of clients on the efficiency of scoring method

---

### Аннотация

Кредитный скоринг – преимущественный метод оценки платежеспособности клиентов кредитных организаций. Для сравнения скоринговых моделей используется анализ ROC-кривой, однако он не показывает классификационную способность конкретной модели. Для этой цели предложен график эффективности выявления неплатежеспособных клиентов.

Показано, как точность классификации зависит от критерия первичного разделения заемщиков на платежеспособных и неплатежеспособных, а также от объема рассматриваемой выборки и периода наблюдений.

Представлено полное классификационное правило для определения кредитоспособности клиента, которое состоит как в определении критерия первичной классификации, так и в выборе оптимального уровня отсечения  $z^*$ , критерии которого приводятся автором.

**Ключевые слова:** кредитный портфель, скоринг, ROC-кривая, уровень отсечения, эффективность модели, платежеспособность.

DOI:10.20291/2079-0392-2016-1-11-17

### Summary

Credit scoring is the priority method of assessment of solvency of customers of credit institutions. ROC-curve analysis is used to compare scoring models, but it does not show classification specifics of a particular model. For this purpose, a graph showing efficiency of identification of insolvent clients is provided.

It is shown how classification accuracy depends on the criterion of initial division of borrowers into solvent and insolvent, as well as on the volume of the sample under consideration and the observation period.

Complete classification rule for determining client creditworthiness is presented, which consists both in determining the primary classification criterion and in selecting the optimal  $z^*$  cut-off level, criteria of which are provided by the author.

**Keywords:** credit portfolio, scoring, ROC-curve, cut-off level, model efficiency, solvency.

DOI:10.20291/2079-0392-2016-1-11-17

На сегодняшний день для отбора платежеспособных клиентов большинство кредитных организаций используют кредитный скоринг – способ оценки кредитоспособности заемщика, основанный на статистических методах [1]. Скоринг выполняет задачу классификации: по имеющейся информации строит функцию, наиболее точно дифференцирующую клиентов на платежеспособных и неплатежеспособных. В результате применения полученной функции потенциальным заемщикам присваиваются баллы, по которым, в зависимости от балла отсеечения, принимается решение об одобрении или отказе в выдаче кредита [5].

Для сравнения скоринговых моделей по точности классификации часто применяется анализ ROC-кривой (англ. Receiver Operating Characteristic) – графика, отражающего зависимость числа правильно классифицированных положительных исходов от числа неверно определенных отрицательных исходов. Исследователи часто не учитывают, что разделение клиентов на платежеспособных и неплатежеспособных может проводиться по-разному. Например, положительным исходом может считаться «Выход заемщика на просрочку свыше 60 дней на шестой платеж» или «Выход заемщика на просрочку свыше 90 дней за весь период обслуживания кредита», отрицательным – «Отсутствие задолженности у клиента к концу седьмого месяца обслуживания кредита» или «Отсутствие задолженности у клиента к концу четвертого месяца обслуживания кредита» и т. д.

Статья посвящена исследованию взаимосвязи между первоначальной классификацией клиентов и эффективностью скоринговой модели. Рассмотрены возможные варианты определения наилучшей классификационной модели, а также балла отсеечения.

### Кредитный скоринг

Известно большое число методов классификации клиентов, однако чаще

используется логистическая регрессия [7]:

$$Z^{(i)} = \ln \frac{p_i}{1 - p_i} = b_0 + b_1 x_i^{(1)} + b_2 x_i^{(2)} + \dots + b_k x_i^{(k)},$$

где  $p_i$  – вероятность дефолта для  $i$ -го заемщика,  $i = 1, \dots, n$ ;  $x_i^{(j)}$  – характеристики  $i$ -го клиента,  $j = 1, \dots, k$ ;  $b_0$  – независимая постоянная модели;  $b_j$  – параметры модели.

В качестве параметров модели логистической регрессии используются данные о заемщике: а) по запрашиваемому кредиту, б) социально-демографические, в) из бюро кредитных историй [10]. По полученным оценкам коэффициентов логистической регрессии строится скоринговая карта, которая переводит коэффициенты модели в скоринговые баллы. Именно по набранному суммарному скоринговому баллу  $Z^{(i)}$  происходит ранжирование заемщиков и в зависимости от заданного порогового значения  $z^*$  принимается решение о выдаче кредита.

$$\begin{cases} Z^{(i)} > z^* & \text{– платежеспособный клиент;} \\ Z^{(i)} < z^* & \text{– неплатежеспособный.} \end{cases}$$

Пороговое значение  $z^*$  задается в зависимости от стратегии коммерческой организации. Например, если необходимо улучшить качество кредитного портфеля, то  $z^*$  выбирается больше, а если необходимо повысить доход или увеличить спрос, то  $z^*$  принимается меньше.

### Классификационное правило скоринг-метода

Для расчета баллов  $Z^{(i)}$  с использованием логистической регрессии и до формулирования классификационных правил  $z^*$  риск-аналитик на основе наблюдений за поведением заемщиков в течение нескольких месяцев должен решить, какие из них считаются неплатежеспособными.

Как правило, для определения качества обслуживания кредита формируются критерии разбиения всех кредитных

продуктов банка на группы в зависимости от числа дней имеющейся задолженности [10]. Например, схема из пяти групп кредитов может иметь следующий вид:

- 1) договоры без просрочки, в том числе новые;
- 2) договоры с просрочкой менее 30 дней;
- 3) договоры с просрочкой от 30 до 60 дней;
- 4) договоры с просрочкой свыше 60 дней;
- 5) восстановленная задолженность.

При исследовании изменения структуры кредитного портфеля чаще всего используется марковская модель описания динамики изменения портфеля во времени [4, 9].

Можно использовать различные определения первичного классификационного правила, т. е. определения проблемного кредитного договора. Рассмотрим несколько примеров: договор считается проблемным, если по нему не происходит оплата в первый месяц, тогда он переходит во вторую группу кредитов; договор проблемный, если в течение первых  $N$  ( $N \geq 3$ ) месяцев не было произведено ни одного платежа, тогда 4-я группа является группой проблемных кредитов; договор находится в проблемной группе после  $N$  ( $N \geq 3$ ) месяцев и так далее.

Каждое классификационное правило, применяемое к тестовой выборке (наблюдения, не участвовавшие в построении скоринговой модели), генерирует логистическую регрессию и ROC-кривую. Полное классификационное правило состоит из трех этапов.

1. Определение критерия неплатежеспособного договора (первичная классификация).

2. Создание тестовой выборки и вычисление для нее коэффициентов логистической регрессии и баллов  $Z^{(i)}$  для ее заемщиков.

3. Построение ROC-кривой или графика эффективности выявления неплатежеспособных клиентов и выбор правила классификации с минимальным допустимым баллом  $z^*$  для новых заемщиков.

В этом состоит описание полного алгоритма классификации. Проблема выбора оптимального метода классификации включает в себя не только критерий выбора уровня отсечения  $z^*$ , но также выбор периода наблюдения и критерия для определения неплатежеспособных договоров [11].

### ROC-кривая

Графики ROC-кривых после применения скоринговой модели к тестовой выборке из 100 человек с различными критериями проблемного кредита представлены на рис. 1.

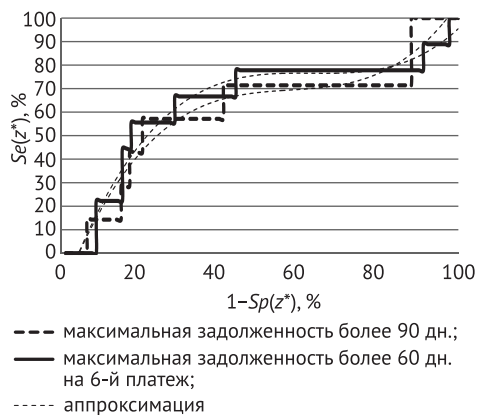


Рис. 1. ROC-кривые одной выборки с разными критериями первичной классификации

Для построения ROC-кривой используют такие показатели, как «чувствительность» и «специфичность».

Чувствительность – это доля верно классифицированных положительных исходов:

$$Se(z^*) = \frac{TP}{TP + FN} \cdot 100\%,$$

где  $TP$  – верно классифицированные положительные исходы;  $FN$  – положительные исходы, классифицированные как отрицательные.

Специфичность – это доля верно классифицированных отрицательных исходов:

$$Sp(z^*) = \frac{TN}{TN + FP} \cdot 100\%,$$

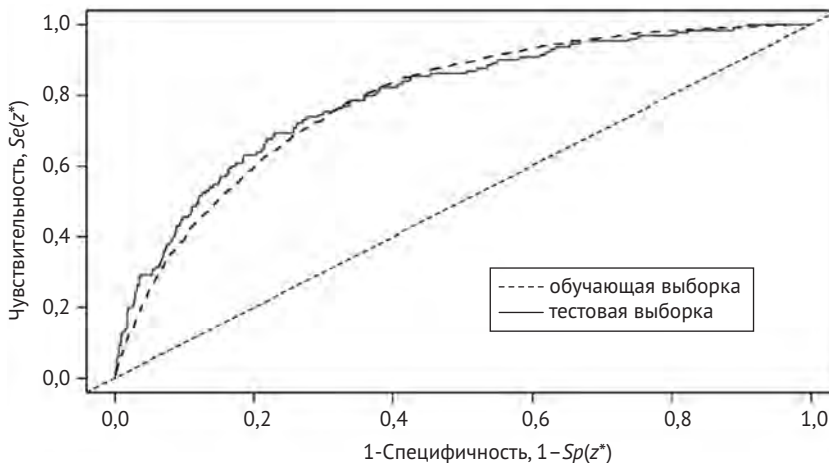


Рис. 2. ROC-кривая, построенная по обучающей выборке из 20 тыс. анкет. Тестовая выборка – 1, 3 тыс. анкет. Признак неплатежеспособного клиента – просрочка свыше 60 дней на 9-й месяц обслуживания кредита

где  $TN$  – верно классифицированные отрицательные исходы;  $FP$  – отрицательные исходы, классифицированные как положительные [2].

ROC-кривая получается следующим образом: по оси абсцисс откладывается  $(100\% - Sp(z^*))$  – доля ложно положительных исходов, а по оси ординат –  $Se(z^*)$  (рис. 2) [9].

Можно заметить, что в зависимости от числа наблюдений изменяется и вид ROC-кривой. Графики, построенные для небольшой тестовой выборки, возрастают ступенчато, а ROC-кривые по наблюдениям, полученным за более длительный период, сглажены, что позволяет получить достаточно достоверное уравнение аппроксимирующей кривой.

В случае идеальной модели график ROC-кривой должен проходить через левый верхний угол. Прямая  $Se(z^*) = 1 - Sp(z^*)$  соответствует случайной модели, не различающей заемщиков.

Для сравнения эффективности (способности различать платежеспособных и неплатежеспособных клиентов) скоринговых моделей используют значение площади под ROC-кривой – AUC (англ. Area Under Curve). Так как кривая должна располагаться выше прямой  $Se(z^*) = 1 - Sp(z^*)$ , то значение AUC

изменяется от 0,5 (неразличающая модель) до 1 (идеальная модель) [8].

Значение площади под ROC-кривой предназначено только для сравнения эффективности скоринговых моделей между собой и не несет информации о чувствительности или специфичности отдельной модели.

Модель, обладающая большой чувствительностью, отличается высоким уровнем отказов, а модель с большой специфичностью – неразличимостью плохих заемщиков [6]. Компромиссом служит нахождение оптимального порога отсечения  $z^*$ , критериями которого могут выступать: доля неплатежеспособных клиентов в портфеле одобренных заявок; минимальное число ошибок при классификации; индекс Йодена, с помощью которого можно найти значение  $z^*$  с наибольшей чувствительностью при наименьшем значении ошибки [3].

Указанный порог определяется как максимальная разность ординат ROC-кривой и прямой:  $\max_z (Se(z^*) + Sp(z^*) - 1)$ .

#### График эффективности выявления неплатежеспособных клиентов

Для определения уровня отсечения  $z^*$  и анализа эффективности конкретной модели используется график



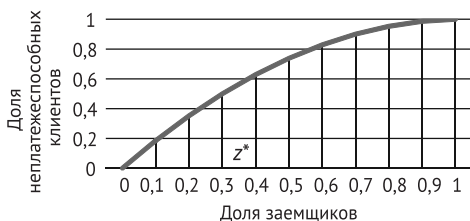


Рис. 3. График эффективности выявления неплатежеспособных клиентов

эффективности выявления неплатежеспособных клиентов, где по оси абсцисс откладывается  $R^{(i)}(z^*)$  – доля заемщиков в выборке, а по оси ординат  $PD^{(i)}(z^*)$  – доля неплатежеспособных клиентов в выборке (рис. 3).

Представленный график строится по тестовой выборке. Для этого формируется таблица, в которой указаны порядковый номер заемщика  $r^{(i)}$ , индикатор наличия или отсутствия просрочки  $PD^{(i)}$ , а также скоринговый балл  $Z^{(i)}$ , присвоенный заемщику моделью.

Данные в таблице сортируются по убыванию балла модели  $Z^{(i)}$ , и для каждого  $i = 1, \dots, n$  рассчитываются поля «Доля от всех заемщиков в выборке» –  $R^{(i)}(z^*)$  и «Доля от всех неплатежеспособных клиентов в выборке» –  $PD^{(i)}(z^*)$ :

$$R^{(i)}(z^*) = \frac{r^{(i)}}{n}, PD^{(i)}(z^*) = \frac{\sum_{k=1}^i PD^{(k)}}{\sum_{k=1}^n PD^{(k)}}.$$

Рассмотрим случай, когда поле «Выход на просрочку» показывает наличие максимальной просроченной задолженности свыше 90 дней по текущему кредиту (таблица).

После применения скоринговой модели к тестовой выборке из 100 человек получен график эффективности выявления неплатежеспособных клиентов (рис. 4).

График (рис. 4) различается в зависимости от критерия первичной клас-

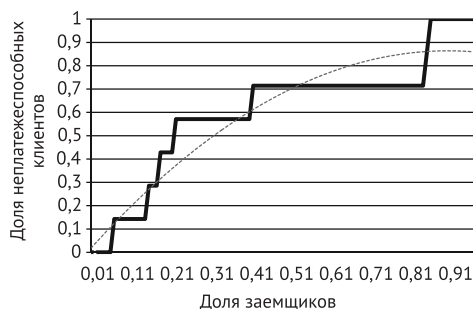


Рис. 4. График эффективности скоринговой модели на тестовой выборке ( $PD^{(i)} > 90$ )

Данные по тестовой выборке

Порядковый номер, $r^{(i)}$	«Выход на просрочку», $PD^{(i)}$	Балл модели, $Z^{(i)}$	Доля заемщиков, $R^{(i)}(z^*)$	Доля неплатежеспособных клиентов, $PD^{(i)}(z^*)$
1	0	0,23292	0,01	0
2	0	0,174898	0,02	0
3	0	0,171549	0,03	0
4	0	0,160754	0,04	0
5	0	0,135187	0,05	0
6	0	0,134595	0,06	0
7	1	0,128753	0,07	0,142857143
8	0	0,12174	0,08	0,142857143
9	0	0,110702	0,09	0,142857143
10	1	0,086397	0,1	0,285714286
11	0	0,02963	0,11	0,285714286
...	...	...	...	...

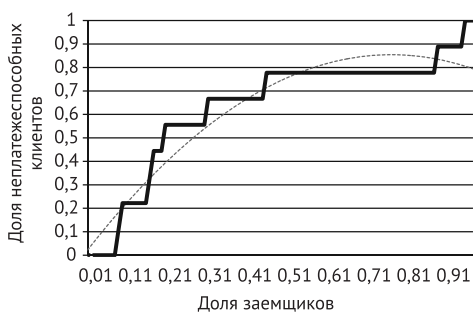


Рис. 5. График эффективности скоринговой модели на тестовой выборке ( $PD^{(i)} > 60$  на шестой платеж)

сификации. Если в качестве  $PD^{(i)}$  рассматривать другой критерий, но по тем же данным, например, наличие максимальной просроченной задолженности свыше 60 дней на шестой платеж, то график будет иметь несколько другой вид, а следовательно, и уравнение аппроксимирующей кривой (рис. 5).

Считается, что скоринговая модель работает, если из 30% заемщиков она определяет более 50% мошенников. Соответственно, чем больше значение

$PD^{(i)}(z^*)$  при  $R^{(i)}(z^*) = 0,3$ , тем лучше произведена первичная классификация клиентов и эффективнее скоринг.

Выбор критерия неплатежеспособного договора является важным моментом оценки кредитоспособности потенциальных клиентов. Однако полное классификационное правило для разделения платежеспособных и неплатежеспособных клиентов состоит не только в определении критерия первичной классификации, но и в выборе оптимального уровня отсечения  $z^*$ , а также периода наблюдений.

Разработанный график эффективности выявления неплатежеспособных клиентов в отличие от ROC-кривой может использоваться для определения классифицирующей способности конкретной скоринговой модели. При этом показано, что точность классификации зависит от критерия выбора неплатежеспособного договора, а также объема данных, полученных за период наблюдений. ■

### Литература

1. Бамбаева Н.Я., Сорокин А.С. Применение законов распределения случайных величин для моделирования экономических явлений и процессов. М.: МЭСИ, 2010. 156 с. ISBN 978-5-7764-0612-6.
2. Банных А.А. Методика оценки качества скоринговой модели с учетом доходности кредита // Вестник Удмуртского университета. Сер.: Экономика и право. 2014. № 2–3. С. 21–24. ISSN 2412-9518 (print), ISSN 2413-2489 (online).
3. Богданов Л.Ю. Оценка эффективности бинарных классификаторов на основе логистической регрессии методом ROC-анализа // Вестник Саратовского государственного технического университета. 2010. № 50. С. 92–97. ISSN 1999-8341.
4. Божалкина Я.А., Тимофеева Г.А. Марковские модели прогнозирования риска кредитного портфеля // Экономика и менеджмент систем управления. 2014. № 4 (14). С. 16–24. ISSN 2223-0432.
5. Заернюк В.М., Анашкина Е.Н. Современные подходы к построению системы управления проблемными кредитами физических лиц в коммерческом банке // Сервис в России и за рубежом. 2014. Т. 8. № 6 (53). С. 158–170. ISSN 1995-042X.
6. Паклин Н.Б. Отбор переменных в логистическую регрессию генетическим алгоритмом // Искусственный интеллект. 2008. № 3. С. 714–719.
7. Сорокин А.С. К вопросу валидации модели логистической регрессии в кредитном скоринге // Науковедение. 2014. № 2 (21). С. 1–14. ISSN 2223-5167.
8. Тимофеев Н.А. Математическая модель винтажного анализа кредитного портфеля банка // Вестник УрГУПС. 2011. Т. 9. № 1. С. 86–92. ISSN 2079-0392.
9. Тимофеева Г.А., Тимофеев Н.А. Оптимизация центра обслуживания вызовов на основе теории марковских случайных процессов // Вестник УрГУПС. 2010. Т. 6. № 2. С. 22–28. ISSN 2079-0392.
10. Fawcett T. An introduction to ROC analysis // Institute for the Study of Learning and Expertise, Pattern Recognition Letters. 2006. V. 27. P. 861–874.

11. Fawcett T. ROC Graphs: Notes and Practical Considerations for Researchers. Kluwer Academic Publishers, 2004. 38 p.
12. Naeem S. Credit risk scorecards: developing and implementing intelligent credit scoring. New Jersey: John Wiley and Sons, 2006. 208 p.
13. Timofeeva G. A. Influence of credit scoring on the dynamics of Markov chain. AIP Conf. Proc. 1690, 020010 (2015).

#### References

1. Bambaeva N. Ya., Sorokin A. S. Primeneniye zakonov raspredeleniya sluchaynykh velichin dlya modelirovaniya ekonomicheskikh yavleniy i protsessov. [Applications of random variables distribution laws for the modeling of economic phenomena and processes.] M.: MESI, 2010. 156 s. ISBN 978-5-7764-0612-6.
2. Bannykh A. A. Metodika otsenki kachestva skoringovoy modeli s uchetom dokhodnosti kredita [Scoring model quality assessment methods based on credit yield] // Vestnik Udmurtskogo universiteta. Ser.: Ekonomika i pravo. 2014. № 2–3. S. 21–24. ISSN 2412-9518 (print), ISSN 2413-2489 (online).
3. Bogdanov L. Yu. Otsenka effektivnosti binarnykh klassifikatorov na osnove logisticheskoy regressii metodom ROC-analiza [Evaluation of efficiency of binary classifiers based on logistic regression using ROC-analysis] // Vestnik Saratovskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. 2010. № 50. S. 92–97. ISSN 1999-8341.
4. Bozhalkina Ya. A., Timofeeva G. A. Markovskie modeli prognozirovaniya riska kreditnogo portfelya [Markovian models of loan portfolio risk prediction] // Ekonomika i menedzhment sistem upravleniya. 2014. № 4 (14). S. 16–24. ISSN 2223-0432.
5. Zaernyuk V. M., Anashkina E. N. Sovremennyye podkhody k postroyeniyu sistemy upravleniya problemnymi kreditami fizicheskikh lits v kommercheskom banke [Modern approaches to the development of personal bad loans management system at a commercial bank] // Servis v Rossii i za rubezhom. 2014. T. 8. № 6 (53). S. 158–170. ISSN 1995-042X.
6. Paklin N. B. Otkor peremennykh v logisticheskuyu regressiyu geneticheskim algoritmom [Selection of variables in a logistic regression using genetic algorithm] // Iskusstvennyy intellekt. 2008. № 3. S. 714–719.
7. Sorokin A. S. K voprosu validatsii modeli logisticheskoy regressii v kreditnom skoringe [On the issue of validation of a logistic regression model in credit scoring] // Naukovedenie. 2014. № 2 (21). S. 1–14. ISSN 2223-5167.
8. Timofeev N. A. Matematicheskaya model vintazhnogo analiza kreditnogo portfelya banka // Herald of USURT. [Mathematical model of vintage analysis of bank's loan portfolio] 2011. T. 9. № 1. S. 86–92. ISSN 2079-0392.
9. Timofeeva G. A., Timofeev N. A. Optimizatsiya tsentra obsluzhivaniya vyzovov na osnove teorii markovskikh sluchaynykh protsessov [Optimization of call center based on the theory of Markovian random processes] // Herald of USURT. 2010. T. 6. № 2. S. 22–28. ISSN 2079-0392.
10. Fawcett T. An introduction to ROC analysis // Institute for the Study of Learning and Expertise, Pattern Recognition Letters. 2006. V. 27. S. 861–874.
11. Fawcett T. ROC Graphs: Notes and Practical Considerations for Researchers. Kluwer Academic Publishers, 2004. 38 s.
12. Naeem S. Credit risk scorecards: developing and implementing intelligent credit scoring. New Jersey: John Wiley and Sons, 2006. 208 s.
13. Timofeeva G. A. Influence of credit scoring on the dynamics of Markov chain. AIP Conf. Proc. 1690, 020010 (2015).

*Статья сдана в редакцию 13 января 2016 года*

# Механика машин и роботов

УДК 629.46:629.4.015

*А. В. Смольянинов, А. Н. Давыдов*

## Методика расчета соотношений рабочего хода и начальной деформации упругого элемента бокового скользуна постоянного контакта

UDC 629.46:629.4.015

*A. V. Smolyaninov, A. N. Davydov*

## A method for calculation of relationship between forward motion and initial deformation of the elastic element of constant contact side bearer

### Аннотация

Все современные вагоны нового поколения (инновационные) оборудуются боковыми скользунами постоянного контакта. Боковые скользуны создают дополнительные силы трения, рассеивающие кинетическую энергию в процессе поворота наддрессорной балки относительно кузова.

Для ограничения перевалки кузова относительно наддрессорной балки боковые скользуны постоянного контакта имеют упоры, ограничивающие вертикальную деформацию упругого элемента. При определенном сочетании начальной деформации и рабочего хода в процессе перевалки кузова возможно полное размыкание (смыкание) скользунов кузова и тележки с одной стороны вагона и, как следствие, выключение одного из скользунов из работы. Такое состояние влечет значительный рост сил взаимодействия колеса и рельса.

Предложенная методика анализа работы упругих элементов боковых скользунов при перевалке кузова вагона позволяет определить минимальную величину начальной деформации скользуна.

**Ключевые слова:** боковой скользуны, начальная деформация, рабочий ход, перевалка кузова.

DOI:10.20291/2079-0392-2016-1-18-22

### Summary

All modern new generation (innovative) cars are fitted with constant contact side bearers. Side bearers create additional friction forces dissipating kinetic energy during rotation of bolster relative to the body.

To limit body roll relative to the bolster, constant contact side bearers are equipped with stops limiting vertical deformation of the elastic element. At a certain combination of initial strain and motion during car body roll, there is a possibility of complete opening (closing) of body bearers and the bogie from one side of the car and, consequently, one of the bearers becomes disabled. Such a condition entails a significant increase in interaction forces between the wheel and the rail.

The proposed method of analysis of operation of elastic elements of side bearers during car body roll allows to determine the minimum value of initial deformation of bearers.

**Keywords:** side bearers, initial strain, forward motion, body roll.

DOI:10.20291/2079-0392-2016-1-18-22

**Александр Васильевич Смольянинов**, д-р техн. наук, профессор; кафедра «Вагоны» Уральского государственного университета путей сообщения; Екатеринбург, Россия. E-mail: [asmolyaninov@inbox.ru](mailto:asmolyaninov@inbox.ru).

**Алексей Николаевич Давыдов**, канд. техн. наук, заместитель директора по научной работе Челябинского института путей сообщения – филиала ФГБОУ ВПО «Уральский государственный университет путей сообщения»; Челябинск, Россия. E-mail: [davydovan.chirt@gmail.com](mailto:davydovan.chirt@gmail.com).

**Aleksandr Vasilievich Smolyaninov**, DSc in Engineering, Professor; Railway Cars Department, Ural State University of Railway Transport; Ekaterinburg, Russia. E-mail: [asmolyaninov@inbox.ru](mailto:asmolyaninov@inbox.ru).

**Aleksey Nikolaevich Davydov**, PhD in Engineering, Deputy Director for Science of the Chelyabinsk Institute of Railway Transport – a branch of FGBOU VPO Ural State University of Railway Transport; Chelyabinsk, Russia. E-mail: [davydovan.chirt@gmail.com](mailto:davydovan.chirt@gmail.com).

В практике отечественного и мирового грузового вагоностроения широко применяются боковые скользуны постоянного контакта. Такие скользуны оказывают значительное влияние на динамические параметры движения подвижного состава: критическую скорость, усилия, возникающие во взаимодействии гребней колесных пар с рельсами, и др. [1–3]. Кроме этого, наличие боковых скользунов постоянного контакта снижает вероятность краевого опирания пятника на подпятник, этим исключается кромочный (односторонний) износ пятника и положение кузова в постоянно «заваленном» состоянии.

Двухосные тележки грузовых вагонов, находящиеся в эксплуатации, оборудованы металлополимерными демпферами (тележка мод. 18-194-1) и полимерными вставками модели MV-18SB (тележка мод. 18-9771); пружинным скользуном (тележки мод. 18-9810 и мод. 18-9855) и пружинным скользуном PRELOAD PLUS 4500 (тележка мод. 18-9836). Эти скользуны унифицированные, имеют одинаковые посадочные и установочные размеры. Общий принцип всех вариантов – создание дополнительных сил трения, рассеивающих кинетическую энергию в процессе поворота наддрессорной балки относительно кузова. Силы трения возникают на рабочей поверхности бокового

скользуна и ответной поверхности на кузове вагона.

Для ограничения перевалки кузова относительно наддрессорной балки боковые скользуны постоянного контакта имеют упоры, ограничивающие вертикальную деформацию упругого элемента. Для обеспечения постоянного контакта между трущимися рабочими поверхностями боковых скользунов в процессе перевалки кузова, когда с одной стороны вагона расстояние между кузовом и наддрессорной балкой увеличивается, а с противоположной стороны уменьшается, упругим элементам задается начальная деформация, которая обеспечивается за счет разницы в геометрических размерах от кузова до наддрессорной балки и высоты упругого элемента скользуна в свободном состоянии. При этом общая деформация упругого элемента складывается из начальной деформации упругого элемента под тарой вагона  $\lambda_0$  и величины рабочего хода  $\lambda$  (рис. 1).

Среди серийно выпускаемых вариантов боковых скользунов такого типа величина начальной деформации упругого элемента значительно варьируется. Так, например, для продукции A. Stucki Company этот параметр может меняться от 11,1 до 28,6 мм, а величина рабочего хода может принимать только два стандартных значения: стандартная – 1/4 дюйма (6,35 мм), увеличенная – 5/8 дюйма (15,9 мм) [4].

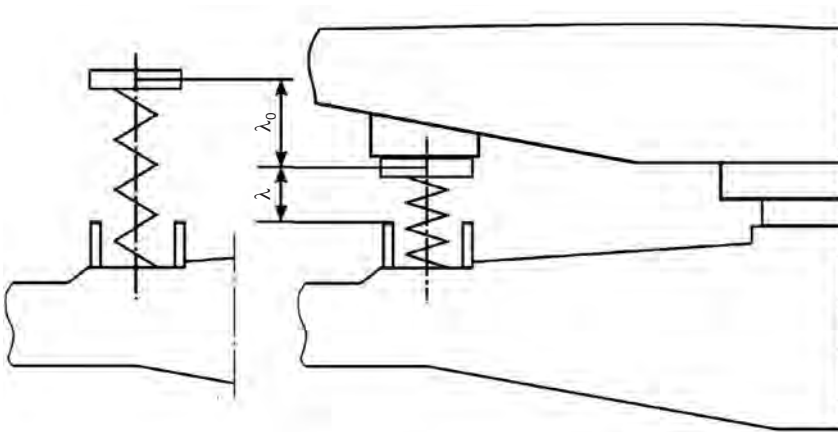


Рис. 1. Начальная деформация  $\lambda_0$  и рабочий ход  $\lambda$  упругого элемента бокового скользуна

В нормативных документах или научной литературе отсутствует единая типовая методика выбора минимально допустимой величины рабочего хода упругого элемента, хотя совершенно очевидно, что при определенном сочетании начальной деформации и рабочего хода в процессе перевалки кузова, вследствие увеличения расстояния между кузовом и наддрессорной балкой, возможно полное размыкание скользунов кузова и тележки с одной стороны вагона и выключение одного из скользунов из работы. Такое состояние влечет значительный рост сил взаимодействия колеса и рельса.

Рассмотрим, в каком соотношении должны находиться эти параметры исходя из геометрических величин перемещения точек кузова и наддрессорной балки в процессе перевалки кузова на боковой скользуна. Положение скользуна кузова относительно наддрессорной балки в положении покоя (при отсутствии перемещения) может быть описано высотой точки, лежащей в центре скользуна кузова относительно опорной поверхности подпятника  $h_{ск}$ , и расстоянием от центра подпятника до вертикальной оси проходящей через ось симметрии бокового скользуна  $b_{ск}$ . Также положение скользуна кузова может быть описано при помощи радиус-вектора  $r$  с началом в центре поворота кузова относительно наддрессорной балки и положение

точки, принадлежащей второму скользуну кузова вагона.

При перевалке кузова относительно наддрессорной балки на угол  $\alpha$  происходит поворот радиус-векторов  $r$  и  $r'$  на угол  $\alpha$ . В процессе перевалки кузова относительно наддрессорной балки ось поворота (точка  $O$ ) не всегда будет совпадать с центром подпятника. Она может перемещаться в горизонтальной плоскости поперек подпятника и при определенном стечении воздействующих на кузов сил возможно появления самого неблагоприятного варианта, так называемого краевого опирания пятника на подпятник, при котором центр поворота кузова вагона будет проходить через край подпятника (рис. 2).

Определим, как взаимосвязаны между собой  $\Delta h_{ск}$  и  $\Delta h'_{ск}$ . До поворота углы наклона радиус-векторов  $r$  и  $r'$  соответственно равны  $\varphi$  и  $\psi$ . В процессе поворота проекции векторов  $r$  и  $r'$  на ось  $Z$  будут равны:

$$r_z = r \cdot \sin(\varphi + \alpha), \quad (1)$$

$$r'_z = r' \cdot (\sin \psi - \alpha), \quad (2)$$

где  $r$  и  $r'$  – длины векторов  $r$  и  $r'$ , м;  $\varphi$  и  $\psi$  – углы наклона радиус-векторов  $r$  и  $r'$  соответственно, рад;  $\alpha$  – угол перевалки кузова относительно наддрессорной балки, рад.

Длины радиус-векторов  $r$  и  $r'$  могут быть вычислены по выражениям:

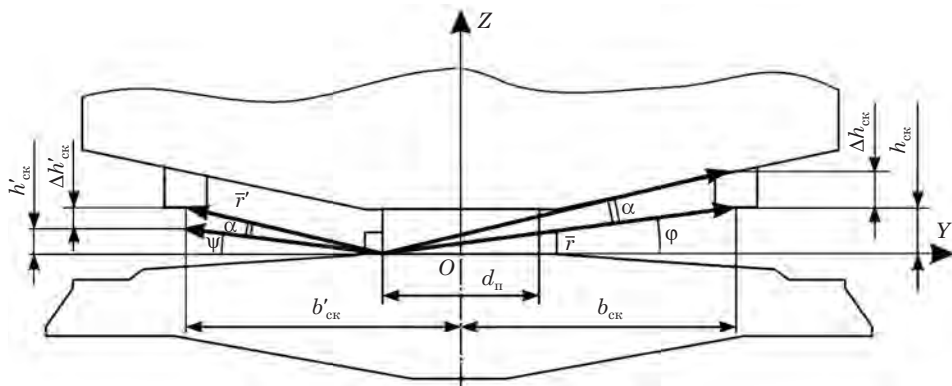


Рис. 2. Расчетная схема перевалки кузова на боковую опору



$$r = \sqrt{h_{\text{ск}}^2 + (b_{\text{ск}} + 0,5d_{\text{п}})^2}, \quad (3)$$

$$r' = \sqrt{h'_{\text{ск}}{}^2 + (b'_{\text{ск}} - 0,5d_{\text{п}})^2}, \quad (4)$$

где  $h_{\text{ск}}$  и  $h'_{\text{ск}}$  – высоты боковых скользящих кузовов относительно опорной поверхности подпятника, м;  $b_{\text{ск}}$  и  $b'_{\text{ск}}$  – расстояние от центра бокового скользящего кузова до центра подпятника, м;  $d_{\text{п}}$  – диаметр подпятника, м.

Величина деформации упругих элементов боковых скользящих кузовов относительно их начального положения может быть найдена из выражений:

$$\Delta h_{\text{ск}} = r \cdot \sin(\varphi + \alpha) - h_{\text{ск}}, \quad (5)$$

$$\Delta h'_{\text{ск}} = h'_{\text{ск}} - r' \cdot \sin(\psi - \alpha). \quad (6)$$

Разница в величинах деформации скользящих кузовов:

$$\delta = \Delta h_{\text{ск}} - \Delta h'_{\text{ск}}. \quad (7)$$

С учетом (1)–(6) выражение (7) может быть записано в виде

$$\delta = \left( h_{\text{ск}} - \sqrt{h_{\text{ск}}^2 + (b_{\text{ск}} + 0,5d_{\text{п}})^2} \cdot \sin(\varphi + \alpha) \right) - \left( \sqrt{h'_{\text{ск}}{}^2 + (b'_{\text{ск}} - 0,5d_{\text{п}})^2} \cdot \sin(\psi - \alpha) - h'_{\text{ск}} \right). \quad (8)$$

Пример реализации данной методики – график зависимости разницы в деформациях упругих элементов боковых опор от угла поворота кузова относительно наддрессорной балки, найденной при следующих геометрических параметрах:  $h_{\text{ск}} = h'_{\text{ск}} = 120$  мм,  $b_{\text{ск}} = b'_{\text{ск}} = 120$  мм,  $d_{\text{п}} = 300$  мм (рис. 3).

Из анализа полученных результатов видно, что для исключения полного обезгруживания бокового скользящего тележки вследствие отрыва от него бокового скользящего кузова, минимальная величина начальной деформации упругого элемента бокового скользящего кузова должна превышать рабочий ход на величину  $\delta$ , т. е.

$$\lambda_0 = \lambda + \delta. \quad (9)$$

Проведенные расчеты показывают, что в случае полного смыкания скользящих кузовов с одной стороны вагона, для

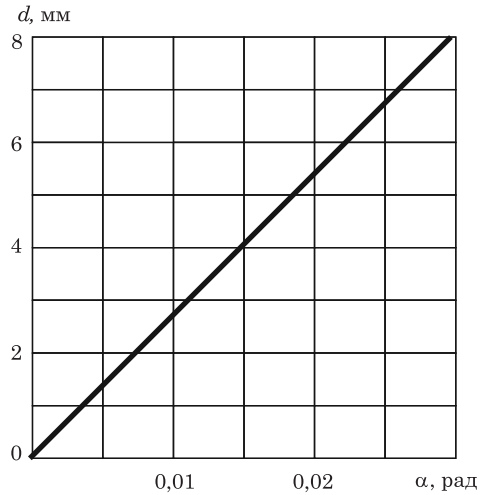


Рис. 3. График изменения разности деформаций упругих элементов боковых опор в зависимости от угла перевалки кузова

принятых геометрических размеров величина разницы в деформациях между упругими скользящими одной тележки составит: при рабочем ходе упругого элемента 1/4 дюйма (6,35 мм) – 3 мм, а при величине рабочего хода 5/8 дюйма (15,9 мм) – 7,5 мм. При таких условиях, в соответствии с формулой (9), величина начальной деформации упругого элемента скользящего кузова должна составлять не менее 9,35 и 23,4 мм.

Таким образом, из геометрических зависимостей перемещений точек кузова при его повороте относительно наддрессорной балки и наложении условий, исключающих полную разгрузку боковой опоры, следует наличие близкой к линейной взаимосвязи между величинами начальной деформации упругого элемента боковой опоры кузова и его рабочим ходом. На их соотношение влияют геометрические параметры расположения боковых скользящих кузовов относительно центра опорной поверхности подпятника. Полученная методика позволяет установить минимальное значение величины начальной деформации упругого элемента боковой опоры, исключающее возможность размыкания боковых скользящих тележки и кузова в процессе перевалки последнего. ■



#### **Литература**

1. Давыдов А. Н., Смольянинов А. В. Влияние продольных горизонтальных зазоров в боковых опорах непрерывного контакта на величину критической скорости грузового вагона // Вестник УрГУПС. 2013. № 1 (17). С. 43–49. ISSN 2079-0392.
2. Петров Г. И., Адильханов Е. Г., Секерова Ш. А. Оценка скользунов постоянного контакта // Мир транспорта. 2011. № 1. С. 28–37. ISSN 1992-3252.
3. Давыдов А. Н., Смольянинов А. В. Боковые опоры вагона и нагрузки, действующие на путь // Транспорт Урала. 2013. № 4 (39). С. 38–40. ISSN 1815-9400.
4. Давыдов А. Н., Петров Г. И., Смольянинов А. В. Анализ конструкций боковых опор грузовых вагонов // Инновационный транспорт. 2013. № 4 (10). С. 6–11. ISSN 2311-165X.

#### **References**

1. Davydov A. N., Smolyaninov A. V. Vliyanie prodolnykh gorizontalnykh zazorov v bokovykh oporakh nepreryvnogo kontakta na velichinu kriticheskoy skorosti gruzovogo vagona [Influence of longitudinal horizontal gaps in continuous contact side bearers on the critical speed of a freight car] // Herald of USURT. 2013. № 1 (17). S. 43–49. ISSN 2079-0392.
2. Petrov G. I., Adilkhanov E. G., Sekerova Sh. A. Otsenka skolzunov postoyannogo kontakta [Evaluation of constant contact bearers] // Mir transporta. 2011. № 1. S. 28–37. ISSN 1992-3252.
3. Davydov A. N., Smolyaninov A. V. Bokovye opory vagona i nagruzki, deystvuyuschie na put [Side bearers of a rail car and loads acting on tracks] // Transport of the Urals. 2013. № 4 (39). S. 38–40. ISSN 1815-9400.
4. Davydov A. N., Petrov G. I., Smolyaninov A. V. Analiz konstruktsiy bokovykh opor gruzovykh vagonov [Analysis of design of freight car side bearers] // Innovatsionniy transport. 2013. № 4 (10). S. 6–11. ISSN 2311-165X.

*Статья сдана в редакцию 23 декабря 2015 года*

*A. N. Kireev*

## Настройка функции ВРЧ ультразвуковой аппаратуры при диагностировании элементов экипажной части подвижного состава железных дорог

*A. N. Kireev*

## Setting time corrected gain function of ultrasonic equipment for diagnosing rolling stock undercarriage elements

### Аннотация

В статье поставлена задача усовершенствования технического диагностирования элементов экипажной части подвижного состава железных дорог ультразвуковым импульсным эхометодом на отсутствие внутренних дефектов типа нарушения сплошности. Рассмотрены недостатки существующего метода диагностирования, заключающиеся в применении при настройке функции временной регулировки чувствительности ультразвуковой аппаратуры стандартных образцов предприятия с эталонными искусственными отражателями. На достоверность результатов диагностирования влияют возможные несоответствия эталонных отражателей техническим требованиям.

На базе применения математических моделей отражения ультразвуковой волны от различных отражающих поверхностей впервые получен новый математический аппарат и на его основе разработан безэталонный метод настройки функции временной регулировки чувствительности при настройке ультразвукового дефектоскопа. Для учета ослабления ультразвуковой волны в объекте диагностирования в разработанном методе применялось измерение амплитудной характеристики донного эхосигнала на бездефектном участке контролируемого изделия, в качестве эталона применялась математическая модель отражения ультразвуковой волны от плоского цилиндрического отражателя. Для автоматизации расчетов для настройки функции ВРЧ безэталонным методом разработан программный продукт NDTRT-18.

Применение разработанного безэталонного метода и программного продукта позволяет повысить достоверность результатов ультразвукового диагностирования элементов экипажной части подвижного состава железных дорог.

**Ключевые слова:** подвижной состав, железная дорога, экипажная часть, диагностирование, неразрушающий контроль, ультразвуковой контроль, дефект, временная регулировка чувствительности.

DOI:10.20291/2079-0392-2016-1-23-29

### Summary

The paper addresses the task of improvement of internal discontinuity fault diagnosis of rolling stock undercarriage elements using ultrasonic pulse-echo method. The disadvantages of the existing diagnosis method have been considered, consisting in the use of standard manufacturer's samples with reference artificial reflectors when setting time corrected gain function of ultrasonic equipment. The accuracy of diagnosis is affected by possible incompliance of reference reflectors with specifications.

Using mathematical models of reflection of ultrasonic wave from various reflective surfaces, a new mathematical framework was first obtained for the first time, and on its basis a standardless method of setting time corrected gain function during adjustment of ultrasonic flaw detector was developed. In order to take into account the attenuation of ultrasonic wave in the unit under diagnosis, the developed method involved the measurement of bottom echo amplitude on fault-free portion of the controlled product; a mathematical model of reflection of ultrasonic wave from flat-bottomed cylindrical reflector was applied as a reference. NDTRT-18 software product was developed to automate calculations when setting time corrected gain function using standardless method.

The use of the developed standardless method and software product allows to increase reliability of ultrasound diagnosis of undercarriage elements of railway rolling stock.

**Keywords:** rolling stock, railway, undercarriage, diagnosis, non-destructive testing, ultrasonic testing, defect, time corrected gain.

DOI:10.20291/2079-0392-2016-1-23-29

Андрей Николаевич Киреев, канд. техн. наук, доцент; начальник Центральной заводской лаборатории ПАО «Лугансктепловоз», доцент кафедры железнодорожного транспорта ГОУВПО «Луганский государственный университет им. В. Даля»; г. Луганск. E-mail: lifter\_23@mail.ru.

Andrey Nikolaevich Kireev, PhD in Engineering, Associate Professor; Head of central laboratory of Luganskteplovoz PJSC, Associate Professor of Railway Transport Department of GOU VPO Lugansk State University named after V. Dal; Lugansk. E-mail: lifter\_23@mail.ru.

Один из важнейших факторов, влияющий на безопасность движения на железных дорогах, – качество и надежность подвижного состава, зависящие от качества и надежности составляющих его элементов и систем [1–3], в частности элементов экипажной части подвижного состава.

Дефекты в отдельных элементах экипажа подвижного состава уменьшают долговечность последних, ведут к неисправности и отказу как самого элемента, так и подвижного состава в целом. Это может сказаться не только на экономических показателях работы транспорта, но и привести к аварийной ситуации на железной дороге.

В 2008 г. на прямом участке пути Донецкой железной дороги произошел аварийный сход грузового вагона [4]. Разрушение оси колесной пары грузового вагона из-за наличия в ней дефекта представлено на рис. 1.

Чтобы в эксплуатацию не попали дефектные элементы экипажной части, им при изготовлении проводят техническое диагностирование.

Это множество контрольных операций, в том числе ультразвуковой неразрушающий контроль на отсутствие

внутренних недопустимых несплошностей.

Ультразвуковой контроль проходят все ответственные элементы экипажной части подвижного состава: цельнокатаные колеса, колесные центры, бандажи, оси, заготовки ведомых и ведущих зубчатых колес тягового редуктора и др.

Технология проведения ультразвукового контроля – это оценка контролепригодности изделия, подготовка изделия к проведению ультразвукового контроля, настройка ультразвукового дефектоскопа, поиск и выявление несплошностей, определение координат несплошностей, оценка допустимости несплошностей, оценка качества и изделия и оформление результатов контроля.

Важнейшая технологическая операция, влияющая на достоверность результатов контроля, – настройка чувствительности ультразвукового дефектоскопа и оценка допустимости несплошностей, которая сводится к сравнению измеренных временных и амплитудных характеристик эхосигналов от несплошностей в объекте контроля с параметрами, установленными при настройке.



Рис. 1. Излом оси колесной пары грузового вагона

Настройка чувствительности ультразвукового дефектоскопа осуществляется на стандартных образцах предприятия (СОП). Такой образец изготавливают из материала, идентичного по акустическим свойствам (скорость и затухание ультразвуковой волны) и геометрии контролируемым изделиям. В стандартных образцах предприятия в заданном диапазоне изготавливают эталонные отражатели на минимальном и максимальном расстояниях от поверхности ввода ультразвуковой волны и в середине. В качестве эталонов используются различные типы отражателей, моделирующие реальные несплошности металла. Наибольшее распространение при контроле элементов и систем подвижного состава железных дорог получил плоскодонный цилиндрический отражатель. Некоторые виды СОП для настройки чувствительности ультразвуковой

аппаратуры при диагностировании различных элементов подвижного состава представлены на рис. 2.

Современные ультразвуковые дефектоскопы, имеющие блок временной регулировки чувствительности (ВРЧ), позволяют выравнять амплитуду эхо-сигнала от равновеликих отражателей, расположенных на разной глубине в диапазоне контроля. Функция ВРЧ также настраивается на стандартных образцах предприятия.

Применение СОП при настройке чувствительности и функции ВРЧ ультразвукового дефектоскопа имеет свои недостатки, так как их изготовление – технологически трудновыполнимый процесс, в них могут возникать несоответствия техническим требованиям: непараллельность плоского дна эталонного отражателя и плоскости



а)



б)



в)



г)

Рис. 2. СОП для настройки чувствительности ультразвуковой аппаратуры при диагностировании некоторых элементов подвижного состава

а – для настройки чувствительности при ультразвуковом контроле зубчатых венцов редуктора в осевом направлении; б – для настройки чувствительности при ультразвуковом контроле катаных колесных центров составных колес тягового подвижного состава в радиальном направлении обода и зоны перехода от обода к диску; в – для настройки чувствительности при ультразвуковом контроле осей колесных пар в радиальном направлении; г – для настройки чувствительности при контроле бандажей

ввода центрального луча ультразвукового преобразователя – отраженная от плоскостонного отверстия ультразвуковая волна уходит в сторону и не полностью попадает на преобразователь; неплоскостность эталонного отражателя – отраженная от плоскостонного отверстия ультразвуковая волна также уходит в сторону и не полностью попадает на преобразователь; высокая шероховатость поверхности плоского дна эталонного отражателя – ультразвуковая волна рассеивается на поверхности отражателя. Все это уменьшает достоверность результатов ультразвукового контроля.

Также структурно-фазовый состав материала контролируемого изделия может отличаться от структурно-фазового состава стандартного образца предприятия, что повлечет за собой разницу в затухании ультразвуковой волны при ее прохождении в объекте контроля и в стандартном образце предприятия. Это приводит как перебраковке изделия, так и к пропуску в нем дефектов.

Безэталонный метод настройки функции ВРЧ основывается на использовании аналитических зависимостей, связывающих амплитуду эхосигнала от отражателя с размерами отражателя и расстояние до отражателя, а также учитывающие ослабление ультразвуковой волны при ее прохождении [5, 6].

Отражение ультразвуковой волны от бесконечной плоскости (моделирование отражения от донной поверхности в объекте контроля), полученное путем математического моделирования с применением метода мнимого источника:

$$N = 20 \lg \left| \frac{P'}{P_0} e^{-2\delta x} \right| = 20 \lg \left( \frac{S_a}{2\lambda x} e^{-2\delta x} \right), \quad (1)$$

где  $P'$  – амплитуда принятого сигнала;  $P_0$  – амплитуда излученного сигнала;  $S_a$  – площадь преобразователя;  $\lambda$  – длина ультразвуковой волны;  $x$  – расстояние до отражателя;  $\delta$  – коэффициент затухания ультразвуковой волны.

Из выражения (1) находим аналитическую зависимость для определения

коэффициента затухания ультразвуковой волны на основе измерения амплитудной характеристики донного эхосигнала:

$$\delta = - \frac{\ln \left( 2\lambda x_d 10^{N_d/20} / S_a \right)}{2x_d}, \quad (2)$$

где  $x_d$  – расстояние до донной поверхности в объекте контроля;  $N_d$  – амплитудная характеристика донного эхосигнала, дБ.

Выражение, описывающее отражение ультразвуковой волны от плоскостонного цилиндрического отражателя (рис. 4, а) (моделирование отражения от точечной плоскостонной несплошности), полученное путем математического моделирования с применением метода Кирхгоффа:

$$N = 20 \lg \left| \frac{P'}{P_0} e^{-2\delta x} \right| = 20 \lg \left( \frac{S_a S_b}{\lambda^2 x^2} e^{-2\delta x} \right), \quad (3)$$

где  $S_b$  – площадь отражателя.

С помощью формул (2) и (3) впервые получены новые аналитические зависимости (таблица), учитывающие размер эталонных плоскостонных цилиндрических отражателей, расстояние до отражателей, ослабление ультразвуковой волны при ее прохождении в объекте контроля по донному эхосигналу, применяемые для настройки функции ВРЧ ультразвукового дефектоскопа для контроля элементов экипажной части подвижного состава железных дорог.

Для автоматизации расчета при настройке функции ВРЧ при помощи безэталонного метода разработана программа NDTRT-18 (в качестве эталона применен плоскостонный цилиндрический отражатель с учетом затухания ультразвука по донному сигналу «Блок 1») (рис. 3).

Настройка функции ВРЧ ультразвукового дефектоскопа при помощи NDTRT-18 осуществляется следующим образом:

в объекте контроля при помощи ультразвукового дефектоскопа измеряются

Коэффициент усиления ультразвукового дефектоскопа, дБ	
$20 \lg \left( \frac{S_a S_b}{\lambda^2 (x_d - 20)^2} \left( \frac{2\lambda x_d 10^{\frac{N_d}{20}}}{S_a} \right)^{1 - \frac{20}{x_d}} \right)$	
Диапазон ультразвукового дефектоскопа, мм	
$x_d + 10$	
Координата маркера ВРЧ, мм	Уровень ВРЧ, дБ
$x_d - 20$	0
$0,75x_d - 10$	$20 \lg \left( \frac{(x_d - 20)^2}{(0,75x_d - 10)^2} \left( \frac{2\lambda x_d 10^{\frac{N_d}{20}}}{S_a} \right)^{\frac{10}{x_d - 0,25}} \right)$
$\frac{x_d}{2}$	$20 \lg \left( \frac{(x_d - 20)^2}{\left(\frac{x_d}{2}\right)^2} \left( \frac{2\lambda x_d 10^{\frac{N_d}{20}}}{S_a} \right)^{\frac{20}{x_d} - 0,5} \right)$
$0,25x_d + 10$	$20 \lg \left( \frac{(x_d - 20)^2}{(0,25x_d + 10)^2} \left( \frac{2\lambda x_d 10^{\frac{N_d}{20}}}{S_a} \right)^{\frac{30}{x_d} - 0,75} \right)$
20	$20 \lg \left( \frac{(x_d - 20)^2}{400} \left( \frac{2\lambda x_d 10^{\frac{N_d}{20}}}{S_a} \right)^{\frac{40}{x_d} - 1} \right)$

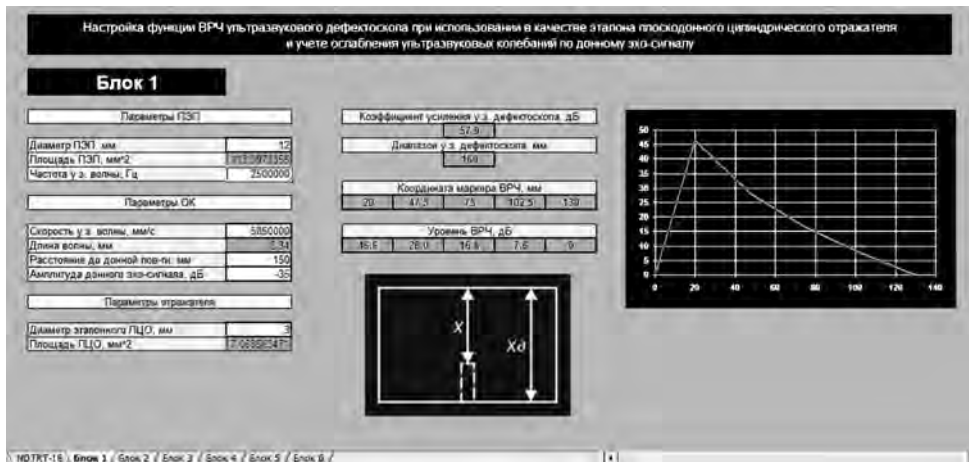


Рис. 3. Окно «Блок 1» программы NDTRT-18



амплитудная характеристика донного эхосигнала на бездефектном участке изделия и расстояние от поверхности ввода ультразвуковой волны до донной поверхности;

в окно «Блок 1» вводятся данные (диаметр пьезоэлектрического преобразователя, частота ультразвуковой волны, скорость ультразвуковой волны в объекте контроля, расстояние до донной поверхности, амплитудная характеристика донного эхосигнала, диаметр эталонного плоскодонного цилиндрического отражателя);

в окне «Блок 1» выводятся числовые данные для настройки функции ВРЧ ультразвукового дефектоскопа (коэффициент усиления дефектоскопа, диапазон ультразвукового дефектоскопа, координаты маркера ВРЧ, уровень ВРЧ) и графические;

рассчитанные данные вводятся в ультразвуковой дефектоскоп в меню настройки функции ВРЧ, дефектоскоп переводится в режим контроля, после

чего можно начать диагностирование объекта контроля.

Безэталонный метод настройки функции ВРЧ ультразвуковой аппаратуры при диагностировании элементов экипажной части подвижного состава железных дорог позволяет повысить достоверность результатов ультразвукового диагностирования за счет исключения необходимости применения СОП с присущими им недостатками; ускорить процесс проведения диагностирования за счет ускорения процесса настройки ультразвуковой аппаратуры; уменьшить экономические затраты на проведение процесса диагностирования за счет исключения необходимости изготовления СОП.

Разработанный метод и программа NDTRT-18 внедрены в публичном акционерном обществе «Лугансктепловоз» в технологический процесс ультразвукового диагностирования элементов экипажной части магистральных тепловозов 2ТЭ116У, 3ТЭ116У, 2ТЭ116УД. ■

#### Литература

1. Галкин В. Г. Надежность тягового подвижного состава : учебное пособие для вузов железнодорожного транспорта / В. Г. Галкин, В. П. Парамзин, В. А. Четвергов. – М. : Транспорт, 1981. – 184 с.
2. Кіреєв А. М. Нормування та контроль показників надійності промислової продукції: конспект лекцій. – Луганськ : СНУ ім. В. Даля, 2009. – 49 с.
3. Надежность тепловозов / [В. Н. Вознюк, И. Ф. Пушкарев, Т. В. Ставров и др.]. – М. : Транспорт, 1991. – 159 с.
4. Гаврилюк А. Ф. Состояние и анализ безопасности движения на железных дорогах Украины. Пути развития средств НК / А. Ф. Гаврилюк, Т. А. Рябед // Неразрушающий контроль. 2008. № 2. С. 13–21.
5. Ермолов И. Н. Теория и практика ультразвукового контроля. М. : Машиностроение, 1981. 240 с.
6. Кіреєв А. М. Наукові основи та практична реалізація вдосконалення ультразвукового контролю елементів та систем рухомого складу залізниць : монографія. Луганськ : Вид-во «Ноулідж», 2012. 142 с.

#### References

1. Galkin V. G. Nadezhnost tyagovogo podvizhnogo sostava : uchebnoe posobie dlya vuzov zheleznodorozhnogo transporta [Reliability of traction rolling stock: a manual for railway transport universities] / V. G. Galkin, V. P. Paramzin, V. A. Chetvergov. – M. : Transport, 1981. – 184 s.
2. Kireev A. M. Normuvannya ta kontrol pokaznikov nadiynosti promislovoi produktsii: konспект lektsiy. [Standardization and reliability indicators monitoring of industrial products: lectures summary.] – Lugansk : SNU im. V. Dalya, 2009. – 49 s.
3. Nadezhnost teplovozoov [Reliability of locomotives] / [V. N. Voznyuk, I. F. Pushkarev, T. V. Stavrov i dr.]. – M. : Transport, 1991. – 159 s.



4. Gavrilyuk A. F. Sostoyanie i analiz bezopasnosti dvizheniya na zheleznykh dorogakh Ukrainy. Puti razvitiya sredstv NK [Status and analysis of traffic safety on the railways of Ukraine. Ways of development of NDT] / A. F. Gavrilyuk, T. A. Ryabets // Nerazrushayuschiy kontrol. 2008. № 2. S. 13–21.
5. Ermolov I. N. Teoriya i praktika ultrazvukovogo kontrolya. [Theory and practice of ultrasonic testing.] M. : Mashinostroenie, 1981. 240 s.
6. Kireev A. M. Naukovi osnovi ta praktichna realizatsiya vdoskonalennya ultrazvukovogo kontrolyu elementiv ta sistem rukhomogo skladu zaliznits: monografiya. [Scientific basis and practical implementation of improvement of ultrasonic inspection of elements and systems of railway rolling stock: a monograph.] Lugansk : Vid-vo «Noulidzh», 2012. 142 s.

*Статья сдана в редакцию 24 сентября 2015 года*

УДК 621.91

*А. К. Остапчук*

## Оценка профиля шероховатости поверхности при выглаживании термоупрочненных сталей

UDC 621.91

*A. K. Ostapchuk*

## Evaluation of the roughness profile of the surface when smoothing hardened steels

### Аннотация

В настоящей работе проводится анализ особенностей формирования микрорельефа при выглаживании термообработанных сталей. С точки зрения теории случайных функций, профиль поверхности рассматривается как реализация стационарной случайной функции. Разделение профиля на составляющие на основе анализа корреляционных функций позволяет определить его структуру и установить причины их появления.

Установлено, что систематическая составляющая профиля формируется исходя из кинематики процесса, а случайная является копией колебаний, действующих в технологической системе и в подавляющем большинстве случаев присутствует в профиле шероховатости поверхности.

Для оценки износостойкости поверхности были введены дополнительные параметры: асимметричность и островершинность.

**Ключевые слова:** шероховатость поверхности, выглаживание, профилограмма, корреляционная функция, случайная и систематическая составляющая.

DOI:10.20291/2079-0392-2016-1-30-39

### Summary

This paper analyzes specifics of the formation of micro-relief during burnishing of heat-treated steels. From the point of view of the theory of random functions, the surface profile is seen as a realization of a stationary random function. Division of the profile into components based on the analysis of correlation functions allows to determine its structure and establish the causes.

It is found that the systematic component of the profile is generated based on the process kinematics, and the random component is a copy of fluctuations existing in the process system, and is present in most cases in the surface roughness profile.

To assess surface durability, additional parameters have been introduced: asymmetry and peakedness.

**Keywords:** surface roughness, burnishing, profilogram, correlation function, random and systematic component.

DOI:10.20291/2079-0392-2016-1-30-39

---

Александр Константинович Остапчук, канд. техн. наук, доцент; Курганский институт железнодорожного транспорта – филиал ФГБОУ ВПО «Уральский государственный университет путей сообщения», Курган, Россия. E-mail: ostapchuk\_ss@mail.ru.

Aleksandr Konstantinovich Ostapchuk, PhD in Engineering, Associate Professor; Kurgan Institute of Railway Transport – a branch of FGBOU VPO Ural State University of Railway Transport, Kurgan, Russia. E-mail: ostapchuk\_ss@mail.ru.

Одним из основных условий, определяющих эксплуатационные характеристики работы любых деталей и агрегатов, является качество поверхностного слоя деталей, которое характеризуется геометрическими и физико-механическими параметрами.

Не последнюю роль в обеспечении надежности эксплуатации деталей машин играет шероховатость поверхности. При эксплуатации детали машин контактируют друг с другом или с окружающей средой. От параметров шероховатости поверхности зависят эксплуатационные свойства – сопротивление усталости, износостойкость, коррозионная стойкость, сопротивление контактной усталости и др. Связь характеристик качества поверхностного слоя с эксплуатационными свойствами деталей свидетельствует, что оптимальная поверхность должна быть достаточно твердой, иметь сжимающие остаточные напряжения, мелкодисперсную структуру, сглаженную форму микронеровностей с большой площадью опорной поверхности.

Один из путей получения параметров оптимальной поверхности, т.е. поверхности, полученной после этапа приработки, – выглаживание поверхности алмазным инструментом [1]. Этот метод позволяет обеспечить высокую производительность и необходимое качество обработанной поверхности из-за высоких физико-механических свойств алмаза.

С точки зрения теории случайных функций, профиль поверхности можно рассматривать как реализацию стационарной случайной функции, характеризующей профиль шероховатости.

Стационарность профилей состоит в том, что при стабильных условиях обработки профилограммы имеют вид непрерывных колебаний относительно среднего значения, причем ни средняя амплитуда, ни характер колебаний не обнаруживают существенных изменений с изменением аргумента. Стационарность профиля обеспечивается стабильностью технологических условий

выполнения данной операции. Поскольку профиль шероховатости поверхности описывается нормальным стационарным эргодическим процессом, то основную информацию содержит математическое ожидание и корреляционная функция  $K_{XX}(\tau)$ , и, так как рассматривается центрированный случайный процесс, то задача сводится к определению корреляционной функции:

$$K_{XX}(\tau) = \frac{1}{T} \int_0^T y(t+\tau)y(t) dt. \quad (1)$$

Заменяя интеграл формулы (1) знаком суммы, получим выражение применимое к профилю шероховатости:

$$K_{XX}(\tau) = \frac{1}{l-\tau} \sum_{i=0}^{l-\tau} y(x)y(x+\tau), \quad (2)$$

где  $\tau$  – переменная разность между абсциссами двух сечений профилограммы (шаг корреляции),  $\tau = 0, 1, 2, \dots, \tau_{\max}$ ;  $l$  – длина профилограммы;  $y(x)$  – ординаты профилограммы.

В качестве основной модели шероховатости поверхности при алмазном выглаживании можно принять модель, которая представляет профилограмму как реализацию случайной функции вида

$$y(t) = y_{\beta}(t) + y_{\gamma}(t), \quad (3)$$

где  $y_{\beta}(t)$  – детерминированная составляющая;  $y_{\gamma}(t)$  – случайная составляющая, т.е. стационарная нормальная функция с математическим ожиданием  $M = 0$  и дисперсией  $\sigma^2$ .

Корреляционная функция основной модели (3) при длине реализации  $l$  согласно формуле (1) имеет вид

$$\begin{aligned} K_{XX}(\tau) &= \frac{1}{l-\tau} \int_0^{l-\tau} \left[ \sum_{i=0}^n A_i \cos \omega_i t + y_{\gamma}(t) \right] \times \\ &\times \left[ \sum_{i=1}^n A_i \cos \omega_i (t+\tau) + y_{\gamma}(t+\tau) \right] dt = \\ &= \frac{1}{l-\tau} \int_0^{l-\tau} \sum_{i=0}^n A_i^2 \cos \omega_i t \cdot \cos \omega_i (t+\tau) dt + \\ &+ \frac{1}{l-\tau} \int_0^{l-\tau} y_{\gamma}(t) \cdot y_{\gamma}(t+\tau) dt + \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & + \frac{1}{l-\tau} \int_0^{l-T/\tau} \sum_{i=0}^n A_i \cos \omega_i t \cdot y(t+\tau) dt + \\
 & + \frac{1}{l-\tau} \int_0^{l-\tau} A_i \cos \omega_i (t+\tau) \cdot y_\gamma(t+\tau) dt.
 \end{aligned}$$

Первое слагаемое представляет собой корреляционную функцию гармонических составляющих профиля:

$$\begin{aligned}
 K_\beta(\tau) &= \frac{1}{l-\tau} \int_0^{l-\tau} \sum_{i=0}^n A_i \cos \omega_i t \cdot \cos \omega_i (t+\tau) dt = \\
 &= \frac{1}{2(l-\tau)} \sum_{i=1}^n A_i^2 \cos \omega_i \tau \int_0^{l-\tau} dt + \\
 &+ \frac{1}{2(l-\tau)} \sum_{i=1}^n A_i^2 \frac{1}{2\omega} \sin \omega_i (1t+\tau) \Big|_0^{l-\tau} = \\
 &= \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n A_i^2 \cos \omega_i \tau + \\
 &+ \sum_{i=1}^n A_i^2 \frac{1}{4(l-\tau)\omega_i} [\sin \omega_i (2l-\tau) - \sin \omega_i \tau].
 \end{aligned}$$

Поскольку длина профилограммы выбирается из условия, что корреляционное преобразование должно выделить периодические составляющие с периодом  $T_i$ , т. е. для всех частот  $\omega_i = \frac{2\pi}{T_i}$

отношение  $\frac{T_i}{l-\tau} < 1$ . Следовательно,

$$\frac{1}{4(l-\tau)\omega_i} = \frac{T_i}{8\pi(l-\tau)} < 1.$$

Учитывая отмеченное положение, можно представить:

$$K_\beta(\tau) \cong \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n A_i^2 \cos \omega_i \tau.$$

Второе слагаемое в выражении  $K_{XX}(\tau)$  соответствует корреляционной функции случайной составляющей профиля.

$$K_\gamma(\tau) = \frac{1}{l-\tau} \int_0^{l-\tau} y_\gamma(t) y_\gamma(t+\tau) dt.$$

Два других слагаемых представляют собой взаимокорреляционные функции  $K_{\beta\gamma}(\tau)$  и  $K_{\gamma\beta}(\tau)$ , равны нулю, так как гармонические составляющие  $y_\beta$  и случайная составляющая  $y_\gamma$  статистически независимы друг от друга, т. е. некоррелированы, поэтому:

$$\begin{aligned}
 K_{XX}(\tau) &= K_\beta(\tau) + K_\gamma(\tau) = \\
 &= \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n A_i^2 \cos \omega_i \tau + K_\gamma(\tau).
 \end{aligned} \tag{4}$$

Рассматривая поведение  $K_{XX}(\tau)$  при больших  $\tau$ , можно выделить в чистом виде корреляционную функцию гармонической компоненты – с ростом  $\tau$  корреляционная функция случайной компоненты  $K_\gamma(\tau)$  убывает. Корреляционная функция систематической составляющей  $K_\beta(\tau)$ , как и исходный сигнал, периодическая, с тем же периодом  $T$ , но информация о начальных фазах гармоник сигнала в ней не сохраняется. Вычитая  $K_\beta(\tau)$  из  $K_{XX}(\tau)$ , можно получить и корреляционную функцию  $K_\gamma(\tau)$ .

Разделение профиля на составляющие и их анализ позволяют определить структуру профиля, установить причины их появления, получить возможность управлять характеристиками поверхности [2].

Процесс алмазного выглаживания кинематически аналогичен точению, только вместо резца применяется алмазный выглаживатель, который, пластически деформируя поверхностный слой, выравнивает и упрочняет его.

Согласно принятой модели шероховатости поверхности [3–5], профиль поверхности включает в себя систематическую и случайную компоненты, характеристиками которых являются [4]:  $Ra_\beta$ ,  $Ra_\gamma$  – среднее арифметическое отклонение систематической и случайной компоненты соответственно;  $T_\beta$  – шаг неровностей систематической компоненты;  $T_\gamma$  – шаг неровностей случайной компоненты;  $\gamma$  – уровень случайной компоненты профиля;  $\beta$  – уровень систематической компоненты профиля.

Эти характеристики определяются по коррелограммам обработанной поверхности. Согласно выдвинутой гипотезе, случайная компонента профиля формируется под действием вибраций, происходящих в технологической системе. С целью выявления периодичности в профиле выглаженной поверхности и влияния усилия

выглаживания (нормальной силы) на принятую модель шероховатости поверхности проводился анализ коррелограмм профиля.

Для определения структуры профиля шероховатости поверхности при выглаживании алмазным инструментом в зависимости от величины натяга (как наиболее значимого параметра) был проведен ряд исследований.

Экспериментальные исследования проводились на токарном станке с числовым программным управлением 16К20Ф3. В качестве обрабатываемого материала использовались образцы из закаленной стали 45, твердость которой составляла HRC 50...54 (ГОСТ 1050–88). Конструкция выглаживателя приведена на рис. 1.

Режимы выглаживания в ходе экспериментов: скорость выглаживания  $V = 30$  м/мин, подача  $S = 0,07$  мм/об, натяг  $h = 25–175$  мкм. Выбор диапазона изменения факторов производился на основе предварительного анализа научно-технической литературы [6–12]. На рис. 2 приведены профилограммы поверхности с разными значениями базовой длины.

Для дальнейшей работы использовался шаг отсечки, равный 0,8 мм.

Числовые значения базовой длины  $l$  по ГОСТ 2789–73 выбирались из ряда значений, мм: 0,01; 0,03; 0,08; 0,25; 0,80; 2,5; 8; 25. Выбор базовой длины увязан со значениями параметров шероховатости оцениваемого профиля. Недостаточная длина не обеспечивает представительности оценки параметров (рис. 2, а), а слишком большая приводит к искажению оценки параметров из-за влияния макрогеометрии.

Величины уровней случайной  $\gamma$  и систематической  $\beta$  составляющих  $u$  определялись по рассчитанным коррелограммам.

В качестве примера на рис. 3 и 4 приведены коррелограммы поверхностей, обработанных с постоянной скоростью выглаживания с различными усилиями выглаживания (натяг).

Как было отмечено, источником корреляционных характеристик служит коррелограмма обработанной поверхности, которая может быть описана следующей формулой:

$$K_{xx}(\tau) = 0,5A^2 \cos \frac{2\pi}{T\beta} \tau + D_{\gamma} e^{-\alpha\tau^2}, \quad (5)$$

где  $D_{\gamma}$  – дисперсия случайной составляющей, равная значению корреляционной функции при  $\tau = 0$ .

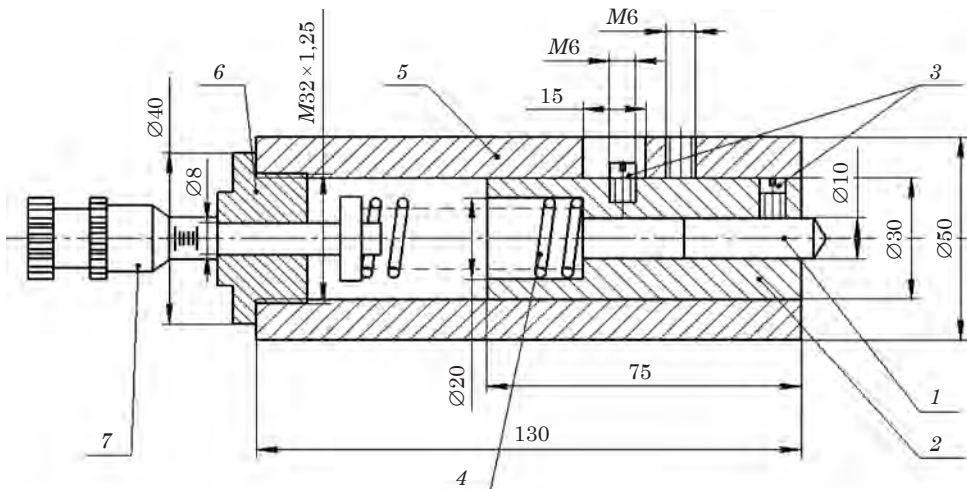


Рис. 1. Одноалмазная выглаживающая головка

- 1 – выглаживатель; 2 – корпус выглаживателя; 3 – стопорный винт; 4 – пружина;  
5 – державка; 6 – стопорная гайка; 7 – микрометрический винт

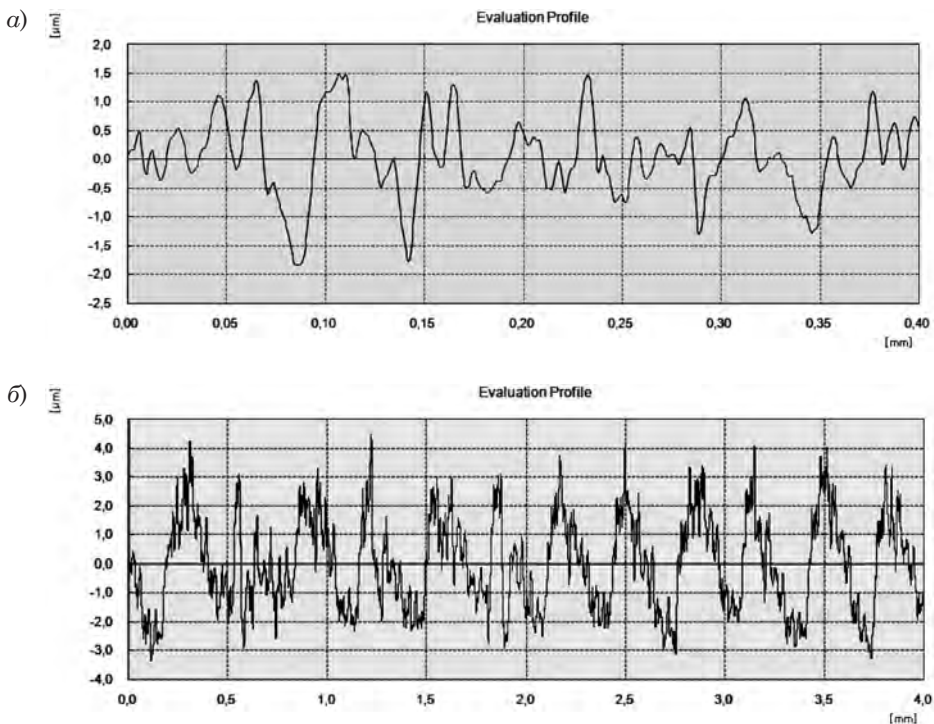


Рис. 2. Профилограммы выглаженной поверхности, измеренные с различными шагами отсечки: а – 0,08 мм; б – 0,8 мм

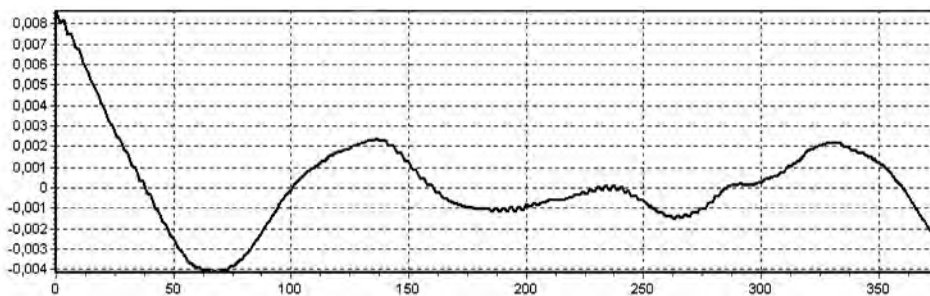


Рис. 3. Коррелограмма выглаженной поверхности образцов с величиной внедрения индентора 25 мкм

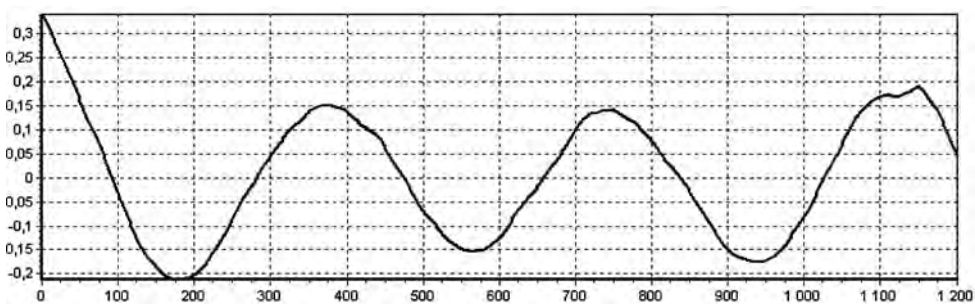


Рис. 4. Коррелограмма выглаженной поверхности образцов с величиной внедрения индентора 100 мкм



Поскольку на вершинах неровностей после выглаживания образуются округления как следствие пластического деформирования, то с известным приближением форма неровностей может быть принята синусоидальной. Для синусоидальной периодической компоненты амплитуда  $A_{\beta}$  определится из выражения:

$$A_{\beta} = S^2/8r,$$

где  $S$  – подача инструмента;  $r$  – радиус выглаживателя.

Анализ профилограмм, полученных после алмазного выглаживания, показал, что в подавляющем большинстве случаев в профиле поверхности

присутствует случайная составляющая, которая является копией колебаний, действующих в технологической системе. В зависимости от условий обработки вклад систематической составляющей в общую дисперсию профиля будет различным (рис. 5).

Анализ данных коррелограмм показал, что уровень случайной составляющей в профиле поверхности носит переменный характер. С увеличением натяга уровень случайной составляющей снижается до величины 0,179 при увеличении шероховатости до  $Ra$  0,79. В данном диапазоне варьирования натягов шероховатость поверхности формируется за счет систематической

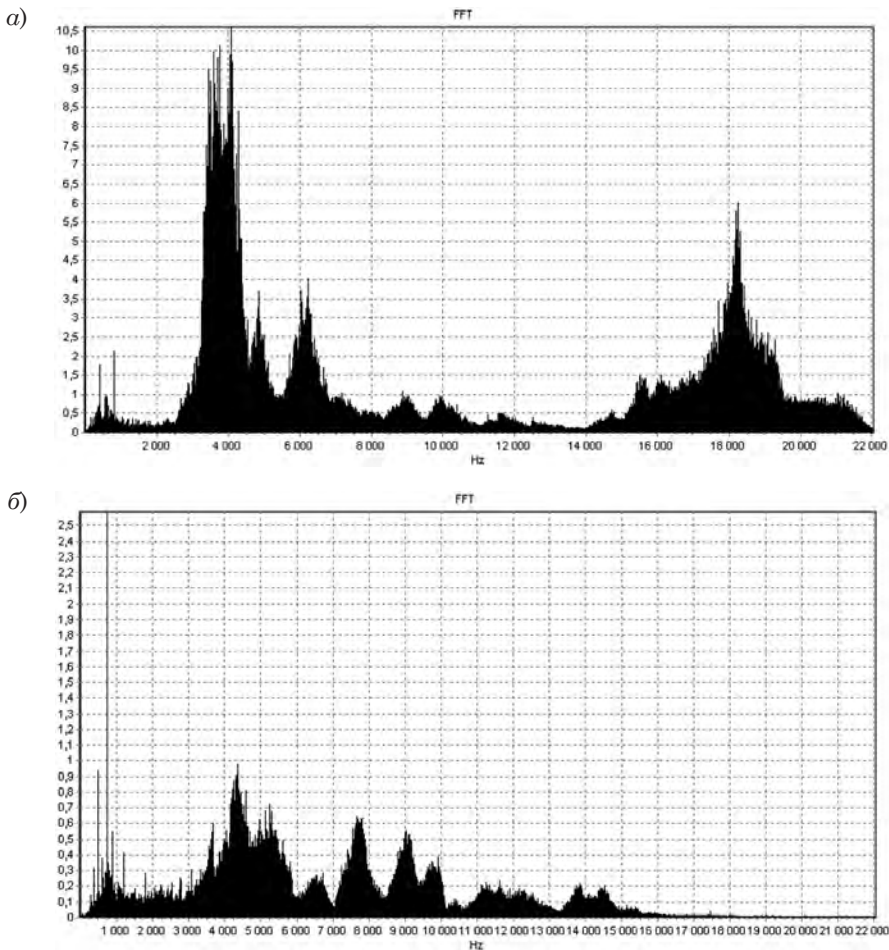


Рис. 5. Спектр колебаний технологической системы при различных режимах выглаживания  
 а –  $V = 20$  м/мин,  $S = 0,06$  мм/об,  $h = 150$  мкм; б –  $V = 20$  м/мин,  $S = 0,02$  мм/об,  $h = 100$  мкм



составляющей, обусловленной кинематикой процесса выглаживания. При дальнейшем увеличении натяга до 125 мкм доля случайной составляющей в профиле выглаженной поверхности возрастает за счет появления вибраций в технологической обрабатывающей системе, вызванных процессом выглаживания, и становится соизмеримой с систематической.

Результаты экспериментов приведены в таблице.

При работе с большими натягами (больше 125) резко возрастает доля систематической составляющей (до 0,8) из-за появления демпфирующих свойств системы «инструмент-деталь».

Величина искажения профиля из-за появления случайной составляющей характеризуется зоной пластического смещения металла. Микропрофиль, полученный за один оборот детали, будет искажен при последующих оборотах из-за пластического течения металла. Профиль обработанной поверхности в большей мере зависит от величины натяга, пластических свойств материала детали, формы и материала выглаживателя. С возрастанием натяга и повышением пластичности материала увеличивается зона смещения и, следовательно, происходит искажение микропрофиля. Наиболее деформированный металл находится в центре впадины. На вершине неровности деформация минимальна.

Образование профиля шероховатости в продольном направлении зависит

от параметров исходной шероховатости, полученной на предварительных операциях, подачи при выглаживании и радиуса алмазного выглаживателя. Величина силы при алмазном выглаживании не постоянна из-за непостоянного натяга инструмента, вызванного различным припуском при выглаживании, который зависит от величины впадин и выступов исходных микронеровностей.

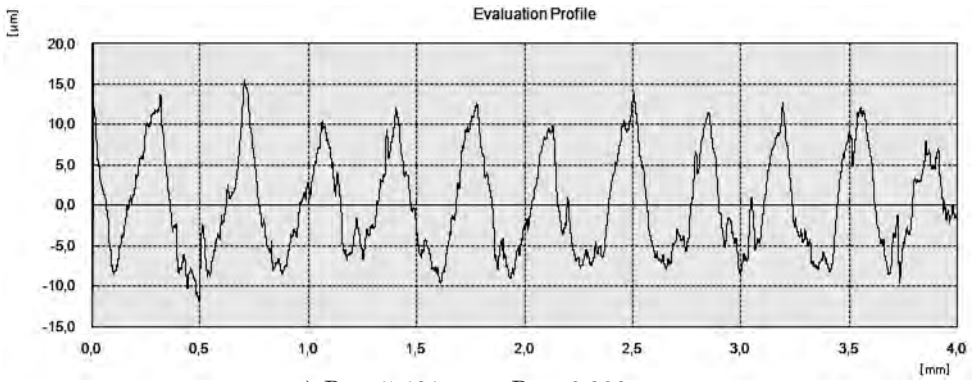
Существенным фактором в образовании микронеровностей при выглаживании является копирование исходных микронеровностей (рис. 6).

Поскольку износостойкость поверхности определяется такими параметрами, как высота неровностей, кривизна их вершин, параметры опорной поверхности, микротвердость, то были рассчитаны дополнительные параметры (ISO 4287–1997, ASME B46.1–2002) [13]: асимметричность оцениваемого профиля, позволяющая определить преобладание в профиле выступов или впадин, и островершинность, которая оценивает остроту кривой плотности распределения. Кривая распределения амплитуды профиля является функцией вероятности того, что профиль поверхности имеет определенную высоту в определенном положении, т. е. показывает, какая часть профиля занята материалом на определенной высоте.

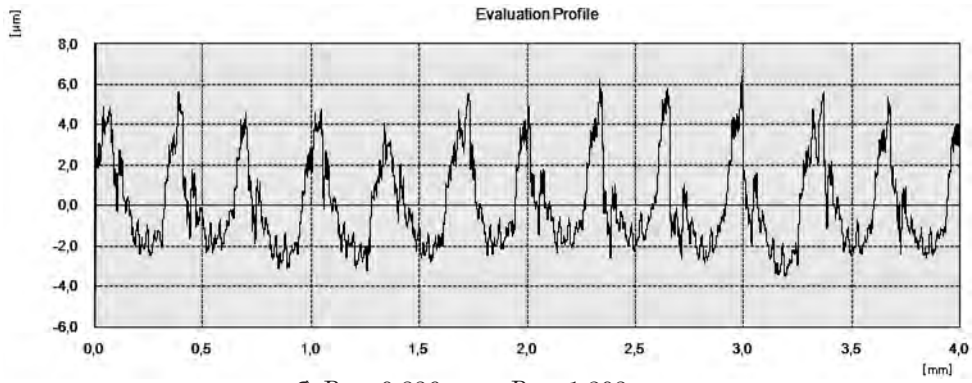
Зависимости островершинности и асимметричности профиля от режимов обработки показаны на рис. 7–9.

Расчет составляющих профиля

$h$ , мкм	$Ra$	$\gamma$	$\beta$	$D$	$Ra_{\beta}$ , мкм	$Ra_{\gamma}$ , мкм
25	0,4	0,40678	0,59322	57,5	0,237288	0,162712
50	0,5	0,550505	0,449495	58,8	0,224747	0,275253
75	0,79	0,179331	0,820669	56	0,64832	0,141672
100	0,6	0,353933	0,646067	1,16	0,38764	0,21236
125	0,6	0,483245	0,516755	2,09	0,310053	0,289947
150	0,57	0,215116	0,784884	57,1	0,447384	0,122616
175	0,6	0,22242	0,77758	97,7	0,466548	0,133452



а)  $Ra = 5,481 \text{ мкм}$ ,  $Rq = 6,292 \text{ мкм}$



б)  $Ra = 0,836 \text{ мкм}$ ,  $Rq = 1,203 \text{ мкм}$

Рис. 6. Профилограммы поверхностей после точения (а) и выглаживания (б)

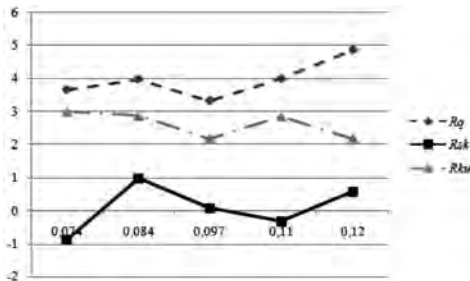


Рис. 7. Зависимость  $Rq$ ,  $Rsk$ ,  $Rku$  от подачи инструмента при выглаживании

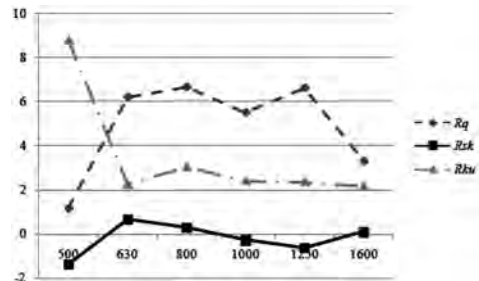


Рис. 8. Зависимость  $Rq$ ,  $Rsk$ ,  $Rku$  от частоты вращения шпинделя при выглаживании

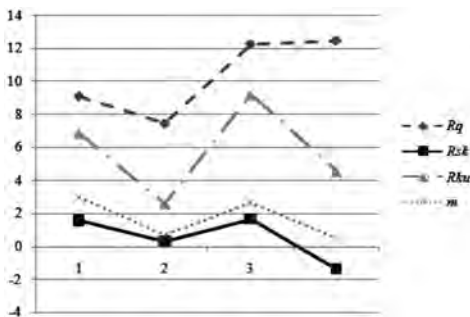


Рис. 9. Зависимость  $Rq$ ,  $Rsk$ ,  $Rku$  от износа поверхности

Исследуя процесс формирования шероховатости поверхности при выглаживании алмазным инструментом, можно выявить причины, оказывающие влияние на параметры профиля поверхностного слоя, что позволит устанавливать оптимальные режимы выглаживания для обеспечения требований к поверхности детали, исходя из служебного назначения. ■

#### Литература

1. Торбило В.М. Алмазное выглаживание. – М. : Машиностроение, 1990. – 102 с.
2. Остапчук А.К., Овсянников В.Е. Применение теории случайных процессов для моделирования параметров качества деталей машин // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2013. № 3. С. 75–77. ISSN 1999-4125.
3. Хусу А.П. Шероховатость поверхностей (теоретико-вероятностный подход) / А.П. Хусу, Ю.Р. Витгенберг, В.А. Пальмов. – М. : Наука, 1975. – 344 с.
4. Остапчук А.К. Автоматическое обеспечение шероховатости поверхности при чистой обработке в условиях ГПС и отдельных технологических модулях с ЧПУ : дис. ... на соиск. уч. ст. канд. техн. наук: 05.02.08; Защищена 12.02.88; Утв. 24.06.88. Курган, 1988. 231 с.
5. Остапчук А.К., Овсянников В.Е. Научные основы обеспечения шероховатости поверхности на базе анализа случайных процессов : монография. – Курган : Изд-во Курганского гос. ун-та, 2012. – 196 с. ISBN 978-5-904064-04-4.
6. Суслов А.Г. Качество поверхностного слоя деталей машин. – М. : Машиностроение, 2000. – 320 с.
7. Проскуряков Ю.Г. Технология упрочняющей и формообразующей обработки металлов. – М. : Машиностроение, 1971. – 203 с.
8. Рыжов Э.В., Суслов А.Г., Федоров В.П. Технологическое обеспечение эксплуатационных свойств деталей машин. – М. : Машиностроение, 1979. – 175 с.
9. Дальский А.М. Технологическое обеспечение надежности высокоточных деталей машин. – М. : Машиностроение, 1975. – 222 с.
10. Колесников К.С., Баландин Г.Ф., Дальский А.М. Технологические основы обеспечения качества машин. – М. : Машиностроение, 1990. – 256 с.
11. Суслов А.Г., Браун Э.Д., Виткевич Н.А. Качество машин : справочник : В 2-х т. Т. 1. – М. : Машиностроение, 1995. – 256 с.
12. Суслов А.Г., Браун Э.Д., Виткевич Н.А. Качество машин : справочник : В 2-х т. Т. 2. – М. : Машиностроение, 1995. – 430 с.
13. Табенкин А.Н., Тарасов С.Б., Степанов С.Н. Шероховатость, волнистость, профиль. Международный опыт. – СПб : Изд-во Политехнического ун-та, 2007. – 136 с. ISBN 7-7422-1527-4.

#### References

1. Torbilo V.M. Almaznoe vyglazhivanie. [Diamond burnishing.] – М. : Mashinostroenie, 1990. – 102 s.
2. Ostapchuk A.K., Ovsyannikov V.E. Primenenie teorii sluchaynykh protsessov dlya modelirovaniya parametrov kachestva detaley mashin [Application of stochastic processes theory for modeling of quality parameters of machine parts] // Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. 2013. № 3. S. 75–77. ISSN 1999-4125.
3. Khusu A.P. Sherokhovatost poverkhnostey (teoretiko-veroyatnostny podkhod) [Roughness of surfaces (theoretical-probabilistic approach)] / A.P. Khusu, Yu.R. Vittenberg, V.A. Palmov. – М. : Nauka, 1975. – 344 s.
4. Ostapchuk A.K. Avtomaticheskoe obespechenie sherokhovatosti poverkhnosti pri chistovoy obrabotke v usloviyakh GPS i otdelnykh tekhnologicheskikh modulyakh s ChPU : Dis. ... na soisk. uch. st. kand. tekhn. nauk: 05.02.08; Zashischena 12.02.88; Utv. [Automatic achievement of surface roughness when finishing in FMC and individual process modules with CNC: PhD in Engineering Thesis, 05.02.08, defended 12.02.88.] 24.06.88. Kurgan, 1988. 231 s.
5. Ostapchuk A.K., Ovsyannikov V.E. Nauchnye osnovy obespecheniya sherokhovatosti poverkhnosti na baze analiza sluchaynykh protsessov : monografiya. [Scientific bases of

- achievement of surface roughness based on the analysis of random processes: a monograph.] – Kurgan : Izd-vo Kurganskogo gos. un-ta, 2012. – 196 s. ISBN 978-5-904064-04-4.
6. Suslov A.G. Kachestvo poverkhnostnogo sloya detaley mashin. [The quality of surface layer of machine parts.] – М. : Mashinostroenie, 2000. – 320 s.
  7. Proskuryakov Yu.G. Tekhnologiya uprochnyayushey i formoobrazuyushey obrabotki metallov. [Technology of hardening and molding treatment of metals.] – М. : Mashinostroenie, 1971. – 203 s.
  8. Ryzhov E.V., Suslov A.G., Fedorov V.P. Tekhnologicheskoe obespechenie ekspluatatsionnykh svoystv detaley mashin. [Engineering support of operational properties of machine parts.] – М. : Mashinostroenie, 1979. – 175 s.
  9. Dalskiy A.M. Tekhnologicheskoe obespechenie nadezhnosti vysokotochnykh detaley mashin. [Engineering support for improvement of reliability of high-precision machine parts.] – М. : Mashinostroenie, 1975. – 222 s.
  10. Kolesnikov K.S., Balandin G.F., Dalskiy A.M. Tekhnologicheskie osnovy obespecheniya kachestva mashin. [Technology support for machine quality assurance.] – М. : Mashinostroenie, 1990. – 256 s.
  11. Suslov A.G., Braun E.D., Vitkevich N.A. Kachestvo mashin : spravochnik : V 2-kh t. Vol. 1. [Quality of machines : a handbook : In 2 vols, Vol 1] – М. : Mashinostroenie, 1995. – 256 s.
  12. Suslov A.G., Braun E.D., Vitkevich N.A. Kachestvo mashin : spravochnik : V 2-kh t. Vol. 2. [Quality of machines : a handbook : In 2 vols, Vol 2] – М. : Mashinostroenie, 1995. – 430 s.
  13. Tabenkin A.N., Tarasov S.B., Stepanov S.N. Sherokhovatost, volnistost, profil. Mezhdunarodniy opyt. [Roughness, waviness, profile. International experience.] – SPb : Izd-vo Politekhnicheskogo un-ta, 2007. – 136 s. ISBN 7-7422-1527-4.

*Статья сдана в редакцию 10 января 2016 года*

# Безопасность деятельности человека

УДК 621.316.9

*К. Б. Кузнецов, Д. В. Лесников*

## Принципы моделирования процессов в защитном заземлении опор контактной сети постоянного тока

UDC 621.316.9

*K. B. Kuznetsov, D. V. Lesnikov*

## Principles of modeling of processes in protective earthing of DC catenary supports

### Аннотация

На железных дорогах основу системы защитного заземления составляет рельсовая сеть, выступая в качестве естественного заземлителя. Более перспективно использование концепции протяженных заземлителей, позволяющих снизить электрокоррозионное влияние на опоры, а также повысить надежность работы цепей автоблокировки.

В статье дано описание принципов моделирования работы системы электроснабжения участка железной дороги постоянного тока при использовании протяженного заземляющего устройства, основанных на положениях теории подобия. Выявлены критерии подобия, на основании которых определены основные масштабы моделирования. Представлено описание аналоговой модели, позволяющей осуществлять физическое моделирование работы участка постоянного тока с помощью цепных схем. Модель создана на базе стенда лаборатории «Электроснабжение железных дорог» кафедры «Электроснабжение транспорта». Составлена схема замещения опоры контактной сети, на основании которой предложено учитывать при моделировании параметры опор контактной сети и заземляемого оборудования. К параметрам опор относятся сопротивление заземляющего спуска, сопротивление самой опоры и сопротивление растеканию опоры.

**Ключевые слова:** протяженный заземлитель, физическое моделирование, теория подобия, опора контактной сети, цепная схема.

DOI:10.20291/2079-0392-2016-1-40-45

### Summary

The basis of railway protective earthing system is a rail network, acting as a natural grounding. The use of the concept of extended grounding devices, reducing electric corrosion impact on supports and increasing reliability of auto-lock circuits is more promising.

The article describes the principles of modeling of power supply system operation at a DC railway section using extended grounding device, based on the provisions of the theory of similarity. Similarity criteria have been identified, based on which the basic simulation scale has been determined. Description of the analog model is presented, which allows to carry out physical simulation of operation of DC section using ladder circuits. The model is created on the basis of the bench of «Railway Power Supply» laboratory of Transport Power Supply Department. A scheme of catenary supports replacement has been created, which is proposed to be used in modeling to take into account parameters of catenary supports and grounded equipment. Parameters of supports include resistance of grounding riser, resistance of the support itself and resistance to support spreading.

**Keywords:** extended grounding device, physical modeling, similarity theory, catenary support, ladder circuit.

DOI:10.20291/2079-0392-2016-1-40-45

Константин Борисович Кузнецов, д-р техн. наук, профессор; кафедра «Техносферная безопасность» Уральского государственного университета путей сообщения; Екатеринбург, Россия. E-mail: KKuznetsov@usurt.ru.

Дмитрий Валентинович Лесников, аспирант; кафедра «Электроснабжение транспорта» Уральского государственного университета путей сообщения; Екатеринбург, Россия. E-mail: dmllesnikov@yandex.ru.

Konstantin Borisovich Kuznetsov, DSc in Engineering, Professor; Technospheric Safety Department, Ural State University of Railway Transport; Ekaterinburg, Russia. E-mail: KKuznetsov@usurt.ru.

Dmitriy Valentinovich Lesnikov, PhD student; Transport Power Supply Department, Ural State University of Railway Transport; Ekaterinburg, Russia. E-mail: dmllesnikov@yandex.ru.

В условиях повышения скоростей движения и нагрузки на оборудование системы электроснабжения электрических железных дорог постоянного тока, связанной с развертыванием тяжеловесного движения, к системам, обеспечивающим безопасность движения, предъявляются повышенные требования. К подобным системам относятся системы защитного заземления контактной сети.

Применяемые в нашей стране системы защитного заземления контактной сети основаны на использовании рельсовой сети в качестве естественного заземлителя, при этом реализуется либо индивидуальное, либо групповое заземление опор контактной сети [1]. Заземление опор на рельсовую сеть имеет ряд недостатков: создаются условия для протекания процесса электрокоррозии опор и их фундаментов, повышается трудоемкость работ по ремонту железнодорожных путей, заземление также влияет на работу рельсовых цепей автоблокировки.

В этих условиях перспективной видится концепция использования протяженного заземляющего устройства [2–5], согласно которой опоры отсоединяются от рельсов и подключаются к протяженному заземлителю, расположенному под землей с полевой стороны опор. Протяженный заземлитель подключается к отрицательному полюсу тяговой подстанции через полярирующий диодный блок. Кроме того, актуальна задача снижения электромагнитного загрязнения окружающей среды и электромагнитного воздействия на обслуживающий персонал [6]. Использование протяженных заземлителей позволяет снизить величину тока, протекающего в проводящем пространстве земли вокруг электрифицированного участка постоянного тока.

Однако процессы, происходящие в самой системе заземления и в системе электроснабжения при использовании протяженных заземлителей, требуют дополнительного изучения. Для исследования этих процессов целесообразно

использовать метод физического моделирования в виде метода прямой аналогии с помощью электрических цепных схем [7, 8].

При физическом моделировании модель и проходящие в ней процессы имеют полностью или в основном одинаковую с оригиналом физическую природу. Физическая модель может представлять собой более или менее точную копию оригинала или какого-то его элемента.

Согласно первой теореме подобия, такие явления описываются функционально одинаковыми уравнениями, которые инвариантны по отношению к подобным преобразованиям входящих в них величин.

Вторая теорема подобия утверждает: любое уравнение физического явления, записанное в определенной системе единиц, может быть выражено в виде зависимости между безразмерными соотношениями, представляющими собой критерии подобия и составленными из входящих в уравнение величин [7, 8].

Некоторые из базисных величин можно выбрать произвольно, остальные должны быть выражены через них с помощью анализа размерностей.

В этом случае под независимыми единицами измерения величин понимаются такие единицы, показатели размерностей которых не могут быть получены посредством умножения, деления или возведения в степень размерностей остальных независимых единиц. Количество  $k$  независимых единиц меньше или равно числу  $q$  основных единиц измерения в выбранной системе единиц измерения ( $k \leq q$ ).

Один из способов определения критериев подобия – метод интегральных аналогов, который основан на анализе дифференциальных уравнений, описывающих состояние моделируемой системы.

Для участка тяговой сети постоянного тока с сосредоточенной нагрузкой потенциал рельса  $\varphi_r$  на расстоянии  $l$ , ток в рельсах  $I_r$  и параметры рельсовой линии:  $r_{\Pi}$  – переходное сопротивление «рельсы-грунт» [Ом · км] и  $r_p$  – продольное сопротивление рельсового



пути [Ом/км] связаны следующей системой дифференциальных уравнений:

$$\begin{aligned} \frac{d\varphi_P}{dl} &= I_P r_P; \\ \frac{dI_P}{dl} &= \frac{\varphi_P}{r_{II}}. \end{aligned} \quad (1)$$

Из анализа уравнений (1) методом интегральных аналогов [6] получено два критерия подобия:

$$\frac{\varphi_P}{l \cdot r_P I_P} = \frac{\varphi'_P}{l' \cdot r'_P I'_P} = \text{idem}, \quad (2)$$

$$\frac{I_P \cdot r_{II}}{l \cdot \varphi_P} = \frac{I'_P \cdot r'_{II}}{l' \cdot \varphi'_P} = \text{idem}. \quad (3)$$

Индексы у параметров в соотношениях (2) и (3) относятся к модели, а определение idem означает, что безразмерные соотношения идентичны для реального устройства и модели и представляют собой два критерия подобия в соответствии с первой теоремой теории подобия.

На основании выражений (2) и (3) получим в соответствии со второй теоремой ( $\pi$ -теоремой) о подобии окончательные критерии подобия  $\pi$  и соотношения масштабов моделирования:

$$\pi_1 = \frac{\varphi_P}{l \cdot r_P \cdot I_P} = \frac{m_\varphi \cdot \varphi_P}{m_l \cdot l \cdot m_r \cdot r_P \cdot m_I \cdot I_P}, \quad (5)$$

$$\pi_2 = \frac{I_P \cdot r_{II}}{l \cdot \varphi_P} = \frac{m_I \cdot I_P \cdot m_r \cdot r_{II}}{m_l \cdot l \cdot m_\varphi \cdot \varphi_P}. \quad (6)$$

Откуда

$$\frac{m_\varphi}{m_l \cdot m_r \cdot m_I} = 1, \quad (7)$$

$$\frac{m_I \cdot m_r}{m_l \cdot m_\varphi} = 1. \quad (8)$$

Число независимых параметров из четырех исследуемых определяется из анализа матрицы размерностей.

Критерий подобия для горизонтального протяженного заземлителя с целью учета его электрических свойств можно получить из соотношения [3] для входного сопротивления  $r_{вх}$  протяженного заземляющего устройства цилиндрической формы:

$$r_{вх} = \frac{0,1125}{R \cdot \sqrt{\gamma_i \cdot \gamma_a}}, \quad (9)$$

где  $\gamma_i$  и  $\gamma_a$  – удельные электрические проводимости материалов металлического заземлителя (как правило, сталь) и грунта, См/м.

Преобразуем соотношение (9), выразив значения удельной электрической проводимости стали  $\gamma_i$  и удельной проводимости грунта  $\gamma_a$  через их удельные электрические сопротивления.

$$r_{вх} = \frac{0,1125 \cdot \sqrt{\rho_i \cdot \rho_a}}{R} \quad (10)$$

где  $\rho_i$  и  $\rho_a$  – удельные электрические сопротивления металла заземлителя и грунта, Ом·м;  $R$  – радиус заземлителя цилиндрической формы, м.

Включив реальные параметры заземляющего устройства в выражение (10), получим входное электрическое сопротивление реального заземляющего устройства. Электрические параметры модели заземляющего устройства получим в виде цепной схемы на основе масштабов моделирования из выражений (7) и (8). Продольное сопротивление заземлителя и переходное сопротивление «заземлитель-земля» будут определяться следующими выражениями:

$$\begin{aligned} r_3 &= \frac{\rho_i}{\pi R^2}, \\ r_{ПЗ} &= \frac{\rho_3}{2\pi}, \end{aligned} \quad (11)$$

где  $r_3$  и  $r_{ПЗ}$  – соответственно продольное сопротивление заземлителя и переходное сопротивление «заземлитель-земля».

Проанализируем матрицу размерностей величин, входящих в критерии подобия (5) и (6). Составим формулы размерностей этих величин:

$$\begin{aligned} [\varphi] &= [L^2 M^1 T^{-3} I^{-1}], \\ [l] &= [L^1 M^0 T^0 I^0], \\ [r] &= [L^2 M^1 T^{-3} I^{-2}], \\ [I] &= [L^0 M^0 T^0 I^1]. \end{aligned} \quad (12)$$

Составив матрицу размерностей из показателей степеней основных единиц,



можно убедиться, что ранг такой матрицы равен трем, следовательно, три параметра из четырех можно считать независимыми. В качестве независимых параметров примем  $r$ ,  $\varphi$  и  $I$ . Тогда масштаб  $l$  будет определяться следующим выражением:

$$m_l = \frac{m_r \cdot m_I}{m_\varphi}. \quad (13)$$

Далее необходимо определить элементы, которые должны быть отражены в предлагаемой модели. Помимо элементов системы электроснабжения и системы заземления, к которым относятся контактная сеть, рельсовая сеть

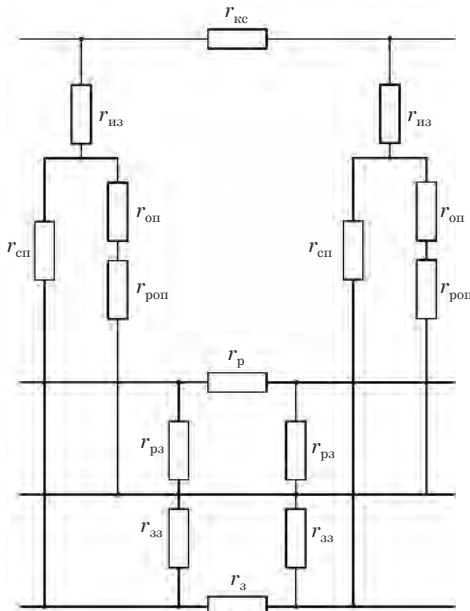


Рис. 1. Схема замещения опоры контактной сети при использовании протяженного заземлителя

$r_{кc}$  – продольное сопротивление контактной сети, мОм/км;  $r_р$  – продольное сопротивление рельсовой сети, мОм/км;  $r_з$  – продольное сопротивление заземлителя, мОм/км;  $r_{рз}$  – переходное сопротивление «рельсы-земля», Ом · км;  $r_{зз}$  – переходное сопротивление «заземлитель-земля», Ом · км;  $r_{из}$  – сопротивления изоляции консоли опоры контактной сети, Ом;  $r_{сп}$  – сопротивление заземляющего спуска, Ом;  $r_{оп}$  – сопротивление опоры контактной сети, Ом;  $r_{роп}$  – сопротивление растеканию опоры контактной сети, Ом

и протяженный заземлитель, важным элементом является опора, соединенная с землей и с протяженным заземлителем. Схема замещения участка тяговой сети, равного длине пролета, при использовании протяженного заземлителя, представлена на рис. 1.

Так как сопротивление изоляции консоли опоры контактной сети намного больше сопротивления всех остальных элементов схемы замещения, можно принять допущение, что опора электрически не связана с контактной сетью (рис. 2).

Таким образом сопротивление опор контактной сети может учитываться в переходном сопротивлении «заземлитель-земля». Однако использование при физическом моделировании единичного элемента цепной схемы длиной в один пролет значительно усложнит эксперимент, если учитывать разницу между длиной пролета и длиной междуподстанционной зоны. Поэтому необходимо рассматривать не сопротивление

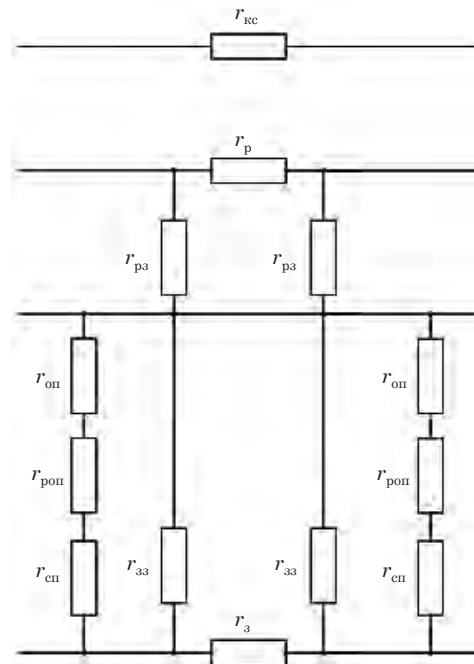


Рис. 2. Упрощенная схема замещения опоры контактной сети при использовании протяженного заземлителя

единичной опоры, а удельное сопротивление опор на участке длиной от нескольких пролетов до километра. При этом нужно использовать допущение, что опоры соединены параллельно, а проводимость заземлителя несоизмеримо выше, чем проводимость опоры, тогда удельное сопротивление опор участка будет рассматриваться как сопротивление одной опоры, деленное на количество опор на рассматриваемом участке.

Кроме этого можно в первом приближении принять допущение, что все опоры на участке имеют одинаковые сопротивления заземляющих спусков, сопротивления растеканию и сопротивления самих опор.

Исследование электрических процессов, возникающих при эксплуатации опор контактной сети в нормальном, вынужденном и аварийном процессах, предполагается проводить на уникальной модели-аналоге, созданной на основе лабораторного стенда производства ИПЦ «Учебная техника» (г. Челябинск) (рис. 3).

Структура аналоговой модели включает блоки тяговых подстанций и участков тяговой сети и электровозов, мультиметр для проведения измерений, блоки резисторов, в виде цепных схем, моделирующих по километровые участки контактной сети, рельсовой сети, протяженного заземлителя и переходных сопротивлений «рельсовая сеть-земля» и «заземлитель-земля».

**Выводы:** на основании положений теории подобия и теории цепных схем авторами были получены критерии подобия и масштабы моделирования работы системы электроснабжения электрифицированного участка постоянного тока при использовании протяженного заземляющего устройства. Кроме того, анализ схемы замещения опоры контактной сети совместно с элементами цепной схемы показал, что при моделировании помимо параметров рельсовой сети и протяженного заземляющего устройства необходимо учитывать влияние параметров заземляемого оборудования и опор контактной сети электрифицированного участка. ■

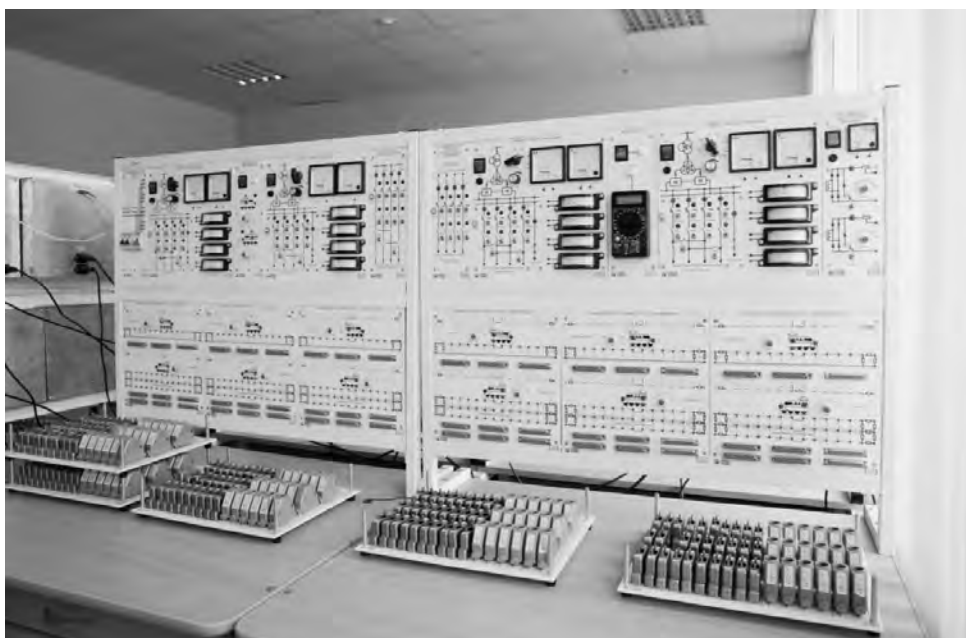


Рис. 3. Лабораторный стенд «Модель двухпутного участка железной дороги, электрифицированного на постоянном токе»

**Литература**

1. Инструкция по заземлению устройств электроснабжения на электрифицированных железных дорогах [Электронный ресурс]. URL: <http://base.consultant.ru/cons> (дата обращения 12.01.2016).
2. Кузнецов К. Б., Мишарин А. С. Электробезопасность в электроустановках железнодорожного транспорта : учебное пособие для вузов ж.-д. транспорта. М. : Маршрут, 2005. – 456 с. ISBN 5-89035-199-0.
3. Кузнецов К. Б., Лесников Д. В. Инновационные заземляющие устройства опор контактной сети // Научные исследования: от теории к практике : сб. тр. конф.-2015. Т. 2. № 2 (3). С. 49–55. ISBN 978-5-906626-80-6.
4. Лесников Д. В. Применение инновационных заземляющих устройств конструкций контактной сети и анализ зарубежных аналогов // Научные исследования: от теории к практике : сб. тр. конф. 2015. Т. 2. № 2 (3). С. 55–59. ISBN 978-5-906626-80-6.
5. Лесников Д. В. Применение инновационного заземляющего устройства с целью повышения защищенности фундаментов опор контактной сети от электрокоррозии // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2015. Т. 3. № 1 (12). С. 245–250. ISSN 2308-8877.
6. Закирова А. Р., Кузнецов К. Б. Формирование понятия «доза воздействия электромагнитного поля низкочастотного диапазона на организм человека» // Вестник УрГУПС. 2015. № 4 (28). С. 91–98. ISSN 2079-0392.
7. Веников В. А., Веников Г. В. Теория подобия и моделирования (применительно к задачам электроэнергетики) : учебное пособие для вузов. М. : Высшая школа, 1984. 439 с.
8. Тихонов А. И. Основы теории подобия и моделирования (электрические машины). Иваново : Изд-во ИГЭУ, 2011. 132 с.
9. Тер-Оганов Э. В., Пышкин А. А., Луковкин К. П. Электроснабжение железных дорог. Екатеринбург : Изд-во УрГУПС, 2011. 71 с.

**References**

1. Instruksiya po zazemleniyu ustroystv elektrosnabzheniya na elektrifitsirovannykh zheleznykh dorogakh. [Guidelines for grounding power supply devices on electrified railways] [Electronic resource]. URL: <http://base.consultant.ru/cons> (date accessed: 12.01.2016).
2. Kuznetsov K. B., Misharin A. S. Elektrobezopasnost v elektroustanovkakh zheleznodorozhnogo transporta : uchebnoe posobie dlya vuzov zh.-d. transporta. [Electrical safety in electric installations of railway transport: a textbook for railway transport universities.] M. : Marshrut, 2005. – 456 s. ISBN 5-89035-199-0.
3. Kuznetsov K. B., Lesnikov D. V. Innovatsionnye zazemlyayuschie ustroystva opor kontaktnoy seti [Innovative grounding devices of catenary supports] // Nauchnye issledovaniya: ot teorii k praktike : sb. tr. konf.-2015. T.2. № 2 (3). S. 49–55. ISBN 978-5-906626-80-6.
4. Lesnikov D. V. Primenenie innovatsionnykh zazemlyayuschikh ustroystv konstruksiy kontaktnoy seti i analiz zarubezhnykh analogov [The use of innovative grounding devices of catenary structures and analysis of foreign counterparts] // Nauchnye issledovaniya: ot teorii k praktike : sb. tr. konf. 2015. T.2. № 2 (3). S. 55–59. ISBN 978-5-906626-80-6.
5. Lesnikov D. V. Primenenie innovatsionnogo zazemlyayushego ustroystva s tselyu povysheniya zaschischnosti fundamentov opor kontaktnoy seti ot elektrokorrrozii [The use of innovative grounding device to improve electric corrosion protection of catenary support foundations] // Aktualnye napravleniya nauchnykh issledovaniy XXI veka: teoriya i praktika. 2015. T. 3. № 1 (12). S. 245–250. ISSN 2308-8877.
6. Zakirova A. R., Kuznetsov K. B. Formirovanie ponyatiya «doza vozdeystviya elektromagnitnogo polya nizkochastotnogo diapazona na organizm cheloveka» [Development of the concept of «low-frequency EMF exposure dose on human body»] // Herald of USURT. 2015. № 4 (28). S. 91–98. ISSN 2079-0392.
7. Venikov V. A., Venikov G. V. Teoriya podobiya i modelirovaniya (primenitelno k zadacham elektroenergetiki) : uchebnoe posobie dlya vuzov. [The theory of similarity and modeling (in the context of power engineering problems) : a textbook for universities.] M. : Vysshaya shkola, 1984. 439 s.
8. Tikhonov A. I. Osnovy teorii podobiya i modelirovaniya (elektricheskie mashiny). [Fundamentals of the theory of similarity and modeling (electric machines).] Ivanovo : Izd-vo IGEU, 2011. 132 s.
9. Ter-Oganov E. V., Pyshkin A. A., Lukovkin K. P. Elektrosnabzhenie zheleznykh dorog. [Railways power supply.] Ekaterinburg : USURT Publishing House, 2011. 71 s.

*Статья сдана в редакцию 27 января 2016 года*

*И. Г. Хаманов, А. Н. Щетинин*

## Метод многофакторной оценки вредности и опасности биологического фактора на железнодорожном транспорте

*I. G. Khamanov, A. N. Schetinin*

## A method for multifactorial assessment of adverse health effects and hazard of biological factor on railway transport

### Аннотация

В статье представлено авторское определение понятия «биологический фактор», учитывающее воздействие макроорганизмов на работников. На основании сформулированного определения понятия представлен авторский перечень источников биологического фактора применительно к железнодорожному транспорту.

На основании достоверных статистических данных доказано, что биологический фактор нужно оценивать не только с точки зрения вредности, но и с точки зрения опасности. В статье приведены обоснования того, что существующие системы оценки риска неприменимы к биологическому фактору в полной мере. На основании этого, в части оценки вредности предложен комплексный подход (балльная оценка), позволяющий корректировать полученный в результате специальной оценки условий труда класс условий труда по биологическому фактору. Приведен пример балльной оценки на примере монтера пути. В части количественной оценки опасности доказано, что риск воздействия биологического фактора на работников ОАО «РЖД» выше приемлемого уровня риска; приведен пример количественной оценки опасности трудового процесса монтера пути с учетом биологического фактора.

**Ключевые слова:** условия труда, биологический фактор, специальная оценка условий труда, железнодорожный транспорт, оценка риска, методы оценки, охрана труда, санитария и гигиена.

DOI:10.20291/2079-0392-2016-1-46-56

### Summary

The paper presents the author's definition of the concept of «biological factor» that takes into account the impact of macroorganisms on workers. Using the definition, the author's list of sources of biological factor with respect to rail transport is presented.

Based on reliable statistical data it is proven that the biological factor needs to be assessed not only in terms of harmful effects, but also from the point of view of its hazard. The paper substantiates that the existing risk assessment systems are not applicable to the biological factor to the full extent. Based on this, an integrated approach (scoring) is suggested in terms of hazard assessment, which allows to adjust for biological factors the working conditions class resulting from the special assessment. An example of scoring is presented by the example of a track serviceman. With regard to quantitative hazard assessment, it is proven that the risk of exposure of Russian Railways employees to biological factor exceeds the acceptable risk level; an example of quantitative risk assessment of the work process of a track serviceman considering the biological factor is presented.

**Keywords:** working conditions, biological factor, special assessment of working conditions, railway transport, risk assessment, methods of assessment, occupational health and safety, sanitation and hygiene.

DOI:10.20291/2079-0392-2016-1-46-56

**Иван Геннадьевич Хаманов**, аспирант; кафедра «Безопасность жизнедеятельности» Сибирского государственного университета путей сообщения; Новосибирск, Россия. E-mail: Ivanjimm@rambler.ru.

**Александр Николаевич Щетинин**, д-р мед. наук, профессор; кафедра «Безопасность жизнедеятельности» Сибирского государственного университета путей сообщения; Новосибирск, Россия. E-mail: anshchetinin@ngs.ru.

**Ivan Gennadievich Khamanov**, PhD student; Health and Safety Department, Siberian State University of Railway Transport; Novosibirsk, Russia. E-mail: Ivanjimm@rambler.ru.

**Aleksandr Nikolaevich Schetinin**, DSc in Medical Sciences, Professor; Health and Safety Department, Siberian State University of Railway Transport; Novosibirsk, Russia. E-mail: anshchetinin@ngs.ru.

Биологический фактор производственно-профессионального риска (биологический фактор), по мнению авторов представляет собой процесс потенциального или реального взаимодействия патогенных биологических объектов с работником, последствия которого обусловлены мерой патогенности микро- и макроорганизмов, продуктов их метаболической деятельности, а также продуктов биологического синтеза наряду с уровнем биологической защиты организма человека в условиях техносферы [1–4].

В таком определении понятия, помимо микроорганизмов, должное внимание уделяется воздействию макроорганизмов. На основании достоверного статистического материала доказано, что повышенный уровень риска воздействия патогенных макроорганизмов и вызванных ими природно-очаговых заболеваний у работников ОАО «РЖД» связан с проведением ремонтно-восстановительных работ и техническим обслуживанием железнодорожных путей на перегонах и станциях, а также хозяйственно-бытовых построек (складские помещения, производственные и ремонтные цеха и т. д.) [5]. Актуальность вопроса негативного воздействия патогенных макроорганизмов, являющихся одним из наименее изученных предлагаемых составляющих биологического фактора, заключается в контактном заражении работников природно-очаговыми инфекциями, нередко приводящими к инвалидности или к летальному исходу.

Предлагаемый авторами перечень источников биологического фактора в сравнении с существующим списком (применительно к работникам железнодорожного транспорта) наглядно расширяет зону эпидемиологической опасности, не учитываемую существующей классификацией (таблица 1).

Особенности эпидемиологического надзора за инфекционными и паразитарными заболеваниями на объектах железнодорожного транспорта обусловлены территориальным расположением

филиалов ОАО «РЖД». Основные виды природно-очаговых инфекционных заболеваний среди работников ОАО «РЖД»: клещевой боррелиоз, геморрагическая лихорадка с почечным синдромом, клещевой энцефалит, реже – туляремия, псевдотуберкулез, Ку-лихорадка, лептоспироз, риккетсиозы [5].

В таблице 2 приведены доли зарегистрированных на ОАО «РЖД» природно-очаговых инфекционных заболеваний (имеющих наибольший удельный вес среди прочих) от общего числа инфекционных заболеваний.

Наибольшее число случаев выявления этих заболеваний регистрируется среди монтеров пути, электромонтеров, электромехаников, операторов дефектоскопных тележек, обходчиков путей и др. с мая по декабрь. Такая сезонность обусловлена как нарастанием численности экзотропных грызунов – носителей инфекций в весенне-летний период, так и осенне-зимней миграцией дикоживущих грызунов-носителей в хозяйственно-бытовые постройки [5].

Биологический фактор официально отнесен к вредным производственным факторам, но последствиями его воздействия могут быть резкое ухудшение здоровья или смерть, следовательно, грань между вредностью и опасностью для рассматриваемого производственного фактора достаточно условна. Поэтому для полноценной и достоверной оценки воздействия биологического фактора на работника (в рамках железнодорожного транспорта) нужно оценивать данный фактор как с точки зрения вредности, так и с точки зрения опасности.

Количественная оценка вредности биологического фактора в настоящее время методологически не проводится, так как существует ряд причин, не позволяющих это сделать. Главная – отсутствие дозоэффектной зависимости для большинства составляющих данного фактора.

Применяемые модели профессионального риска основываются на принципе пороговости вредного воздействия

Таблица 1

## Источники биологического фактора на железнодорожном транспорте

Существующая структура
Микроорганизмы-продуценты, живые клетки и споры, содержащиеся в бактериологических препаратах
Патогенные микроорганизмы-возбудители инфекционных заболеваний I–IV групп патогенности (в т. ч. генно-инженерно-модифицированные)
Паразиты
Предлагаемая структура (включая предыдущие три строки)
Насекомые (переносчики патогенных микроорганизмов, вирусов, инфекций)
Животные (переносчики патогенных микроорганизмов, вирусов, инфекций, паразитов)
Грибы
Растения
Образцы для установления диагноза, в том числе генно-инженерно-модифицированные
Биологические образцы для научных исследований, в том числе генно-инженерно-модифицированные
Бактериальные и гормональные препараты
Биологические продукты для лечения и иммунопрофилактики, научных исследований
Отходы лечения людей и животных
Отходы биологических исследований
Инфицированные люди
Тела, туши и их фрагменты
Продукция, сырье биологического происхождения: скоропортящаяся пищевая продукция (в случае нарушения температурного режима при перевозке); некоторая продукция кожевенной промышленности
Загрязненный стоками пассажирских поездов балластный слой и элементы верхнего строения пути
Загрязненные стоками пассажирских поездов элементы (узлы) подвижного состава
Стоки дезинфекционных и промывочно-пропарочных станций (в случае очистки тары и вагонов от биологических загрязнителей)
Системы канализации и водоснабжения (для работников, их обслуживающих)
Загрязненные средства индивидуальной защиты и специальная одежда после работ, выполняемых с загрязненным балластным слоем
Необработанный после перевозки подвижной состав, тара
Отходы пунктов питания работников

Таблица 2

## Доля природно-очаговых инфекционных заболеваний среди работников ОАО «РЖД» в 2010 г.

Наименование	Доля от общего количества инфекционных заболеваний, выявленных у работников ОАО «РЖД», %	Расчетное количество случаев заболеваний
Клещевой боррелиоз (КБ)	0,03	47
Геморрагическая лихорадка с почечным синдромом (ГЛПС)	0,02	31
Клещевой энцефалит (КЭ)	0,006	10
Туляремия	0,002	4
Лептоспироз	0,002	4



производственных факторов. Этот же принцип используется для установления безопасных уровней вредных производственных факторов [1]. Пороговость и уровень производственно-профессионального риска можно рассчитать для факторов, например, физических и химических, с установленными зависимостями: «доза – время – эффект» и специфическими клиническими формами проявления последствий воздействия [6]. При расчете производственно-профессионального риска воздействия физических и химических факторов используют модель индивидуальных порогов действия (нормально-вероятностное распределение частоты эффектов). Такая модель основана на нормально-вероятностном распределении и описывается уравнениями индивидуальных порогов, в которых учтены воздействующая доза, предельно допустимая концентрация или уровень, а также время воздействия на работника.

Уравнения индивидуальных порогов для оценки биологического фактора применимы лишь при оценке нескольких его составляющих [6]. Но для большинства из них ПДК не установлены, значит, и данную модель в полной мере применить нельзя.

Для оценки биологического фактора в настоящее время применяется принцип ALARA («как можно ниже, насколько это разумно достижимо») [6]. Современные лабораторные методы не способны определять наличие и количество всех составляющих биологического фактора путем кратковременного измерения, поскольку для этого требуются длительные исследования.

Вредность биологического фактора оценивается проведением специальной оценки условий труда на рабочих местах. Однако устраивающей всех исследователей стандартной методики количественной оценки вредности биологического фактора нет. Поэтому предлагается:

– усовершенствовать существующую систему оценки вредности биологического фактора при проведении

специальной оценки условий труда на рабочих местах с учетом предлагаемого определения понятия, дополненного перечня источников и возможного воздействия (профилактическая составляющая);

– опираясь на официальный статистический материал, доказать необходимость и возможность количественной оценки опасности воздействия биологического фактора при комплексной количественной оценке опасности производственного процесса;

– привести пример количественной оценки опасности воздействия биологического фактора на работников железнодорожного транспорта.

Для усовершенствования оценки вредности биологического фактора предлагается использовать балльную модель. Ее прототип – модель для расчета уровня производственно-профессионального риска по экспертной оценке фактических показателей травмобезопасности [6]. В ней представлены четыре степени риска, каждой из которых соответствует определенный балльный интервал. Количество баллов рассчитывается исходя из ряда критериев, выявленных при оценке статистической информации о несчастных случаях на производстве, связанных с травмобезопасностью на рабочих местах.

Предлагаемая авторами модель [2, 7] предназначена для уточнения класса условий труда по результатам специальной оценки условий труда с помощью дополнительной комплексной оценки биологического фактора и применения поправочных биологических коэффициентов.

Для оценки уровня производственно-профессионального риска воздействия биологического фактора в таблицу 3.17 [6] модели-прототипа внесем предлагаемые критерии, характеризующие уровень фактического воздействия биологического фактора. Предлагаемые критерии и их балльная оценка представлены в таблице 3 (статистические данные получены в ходе исследования трудового процесса монтеров



пути на трех участках (ПЧУ-1, ПЧУ-2, ПЧУ-3) Болотнинской дистанции пути ПЧ-12 Западно-Сибирской железной дороги. В столбце 4 «кол-во» таблицы 3 через запятую приведены данные по каждому участку, в скобках – среднее значение).

Экспертная оценка результатов специальной оценки условий труда по биологическому фактору предполагает использование комплексных показателей (по аналогии с комплексными показателями для оценки травмобезопасности модели-прототипа) (таблица 3).

*Таблица 3*

Статистическая информация о выявленных причинах воздействия биологического фактора на работников

№	Возможная причина фактического воздействия биологического фактора (критерии)	Показатель	Кол-во	% возникновения случая
1	Неприменение или неправильное применение средств индивидуальной защиты (8 показателей)	В соответствии с ГОСТ 12.4.011–89: средства дерматологические защитные; средства защиты глаз; средства защиты головы; средства защиты рук; средства защиты ног; одежда специальная защитная; средства защиты органов дыхания; костюмы изолирующие Количество отсутствующих показателей вносится в столбец 4	4, 3, 4 (3,67)	10,90
2	Неприменение или неправильное применение средств коллективной защиты (5 показателей)	В соответствии с ГОСТ 12.4.011–89: оборудование и препараты для дезинфекции, дезинсекции, стерилизации, дератизации; оградительные устройства; герметизирующие устройства; устройства для вентиляции и очистки воздуха; знаки безопасности Количество отсутствующих показателей вносится в столбец 4	3, 4, 4 (3,67)	10,90
3	Неудовлетворительное состояние санитарно-бытового обслуживания (4 показателя)	В соответствии со ст. 223 ТК РФ и СП 44.13330.2011: специальные санитарно-бытовые помещения; общие санитарно-бытовые помещения; посты оказания медицинской помощи; аппараты для обеспечения работников питьевой водой Количество отсутствующих показателей вносится в столбец 4	2, 4, 3 (3)	8,91
4	Недостатки в проведении периодических медосмотров (2 показателя)	Отсутствие периодических медицинских осмотров Отсутствие врача-инфекциониста в составе комиссии (в соответствии с приказом Минздравсоцразвития России № 302н от 12.04.2011 г., в комиссию должен входить врач-инфекционист при наличии биологического фактора на производстве)	1, 1, 1 (1)	2,97

Окончание табл. 3

№	Возможная причина фактического воздействия биологического фактора (критерии)	Показатель	Кол-во	% возникновения случая
5	Недостатки в организации лечебно-профилактического питания (1 показатель)	Отсутствие ЛПП по биологическому фактору (в соответствии с приказом Минздравсоцразвития № 45н от 16.02.2009 г.)	1, 1, 1 (1)	2,97
6	Нарушение режима труда и отдыха (4 показателя)	Рабочая смена 8 ч Рабочая смена 12 ч Рабочая смена 24 ч Рабочая смена более 24 ч	2, 2, 2 (2)	5,94
7	Особенности производственного процесса с учетом источников биологического фактора (23 показателя)	В столбец 4 вносится количество элементов биологического фактора, воздействующих на работника, в соответствии с таблицей 1	10, 9, 9 (9,33)	27,71
8	Разнообразие длительности воздействия биологического фактора (2 показателя)	В течение всей рабочей смены В течение части рабочей смены	1, 1, 1 (1)	2,97
9	Количественная оценка воздействия биологического фактора (2 показателя)	Концентрация патогенных микроорганизмов, живых клеток и спор в воздухе рабочей зоны, на рабочих поверхностях, спецодежде, на коже и слизистых оболочках работника выше ПДК (измерения не проводились, но принимаем, что концентрация выше ПДК) Наличие патогенных макроорганизмов, имеющих прямой или косвенный контакт с работником в течение рабочей смены	2, 2, 2 (2)	5,94
10	Состояние иммунной защиты работника (2 показателя)	Отсутствие вакцинации работников По результатам периодического медосмотра выявлена патология	1, 1, 2 (1,33)	3,95
11	Неприменение или неправильное применение средств защиты от вредного биологического воздействия в процессе обучения (3 показателя)	Неприменение средств индивидуальной защиты в процессе обучения Неприменение средств коллективной защиты в процессе обучения Неприменение средств санитарно-бытового обслуживания в процессе обучения	2, 3, 3 (2,67)	7,93
12	Интегральные показатели лечебно-профилактической работы по предупреждению воздействия биологического фактора (4 показателя)	Острые заболевания Хронические заболевания Профессиональные заболевания Заболевания, осложненные инвалидизацией работника В столбец 4 вносится суммарное значение по всем перечисленным видам заболеваний	4, 2, 3 (3)	8,91
Итого			(33,67)	100

ББ<sub>оз</sub> – оценка биологической безопасности по качественным последствиям процесса реального взаимодействия патогенных биологических объектов с работником (острым формам заболеваний). Этот комплексный показатель оценивается по п. п. 1, 10–12;

ББ<sub>хр з</sub> – оценка биологической безопасности по качественным последствиям процесса реального взаимодействия патогенных биологических объектов с работником (хроническим формам заболеваний); оценивается по п. п. 1–4, 6, 11–12;

ББ<sub>пр з</sub> – оценка биологической безопасности по качественным последствиям процесса реального взаимодействия патогенных биологических объектов с работником (профессиональным заболеваниями); оценивается по п. п. 2–4, 6, 7, 9–12;

ББ<sub>инв з</sub> – оценка биологической безопасности по качественным последствиям процесса реального взаимодействия патогенных биологических объектов с работником (заболеваний, осложненных инвалидизацией); оценивается по п. п. 1–12;

ББ<sub>о</sub> – оценка биологической безопасности качества лечебно-профилактической работы по данным медицинской

документации на основании анализа интегральных показателей здоровья (количества острых, хронических, профессиональных форм заболеваний, заболеваний, осложненных инвалидизацией работника); оценивается по п. 12.

Расчет балльных показателей произведём по формулам [6], но с применением предложенных комплексных показателей и полученных статистических данных. Результаты расчета балльных показателей представлены в таблице 4 (аналог таблицы 3.19 модели-прототипа).

Корректировка класса условий труда проводится исходя из полученного значения балльного показателя (балльной оценки). Полученное значение попадает в балльный интервал, соответствующий одному из четырех поправочных биологических коэффициентов:

менее 8,00 баллов – повышающий  $k_1$  (до класса 3.1);

от 8,01 до 13,00 баллов – повышающий  $k_2$  (до класса 3.2);

13,01 до 18,00 баллов – повышающий  $k_3$  (до класса 3.3);

более 18,00 баллов – повышающий  $k_4$  (до класса 4).

Таблица 4

Фактические значения факторов биологической безопасности, обуславливающих заболеваемость, по экспертной оценке при специальной оценке условий труда рабочих мест

Класс условий труда			
3.1	3.2	3.3	4
(ББ <sub>оз</sub> +	(ББ <sub>оз</sub> +	(ББ <sub>оз</sub> +	(ББ <sub>оз</sub> +
–	ББ <sub>хр з</sub> +	ББ <sub>хр з</sub> +	ББ <sub>хр з</sub> +
–	–	ББ <sub>пр з</sub> +	ББ <sub>пр з</sub> +
	–		ББ <sub>инв з</sub> +
	–		
	–		
ББ <sub>о</sub> )	ББ <sub>о</sub> )	ББ <sub>о</sub> )	ББ <sub>о</sub> )
Балльная оценка степени вредности биологического фактора			
6,84	10,89	15,17	18,87
Поправочный биологический коэффициент			
$k_1$	$k_2$	$k_3$	$k_4$
Менее 8,00	8,01–13,00	13,01–18,00	Более 18,00

Таким образом, применение поправочных биологических коэффициентов при оценке условий труда позволит, помимо проведения более детальной оценки условий труда, интенсифицировать профилактическое направление путем назначения работникам льгот и компенсаций за работу во вредных или опасных условиях труда, а также увеличить объем мероприятий по охране труда, направленных на защиту работников как от реального, так и возможного воздействия биологического фактора.

Проведем количественную оценку опасности производственного процесса (на примере бригады монтеров пути) с учетом биологического фактора, то есть помимо учитываемых при оценке опасности кинетической, потенциальной и электрической энергии учтем биологический фактор. Для этого возьмем за основу методику количественной оценки опасности производственных процессов [8], основанную на вероятностном методе.

Вероятность воздействия на работников  $i$ -го опасного фактора (вероятность травмы) может быть определена по формуле:

$$P_{oi} = P_i^o P_i^p, \quad (1)$$

где  $P_i^o$  – вероятность действия  $i$ -го опасного фактора;  $P_i^p$  – вероятность нахождения работника в зоне действия  $i$ -го опасного фактора.

Вероятность действия опасного фактора и вероятность нахождения работающего в зоне его действия определяются по формуле для независимых событий:

$$P_i^o = \frac{t_i^o}{T_{cm}} = \frac{t_i^{o'} n}{T_{cm}}, \quad (2)$$

$$P_i^p = \frac{t_i^p}{T_{cm}} = \frac{t_i^{p'} m}{T_{cm}}, \quad (3)$$

где  $t_i^o$  и  $t_i^p$  – время действия  $i$ -го опасного фактора и время нахождения работающего в зоне действия  $i$ -го опасного фактора за время рабочей смены  $T_{cm}$ ;  $n$ ,  $m$  – количество и интенсивность технологических операций в зоне воздействия

опасного фактора, в течение рабочей смены;  $t_i^{o'}$ ,  $t_i^{p'}$  – время выполнения одной операции в зоне воздействия  $i$ -го опасного фактора;

При наличии 2, 3, ...  $n$  опасных факторов, среднестатистическая вероятность их воздействия на работников определяется по формуле совместных событий:

$$P_o(n) = P_{on} + P_o(n-1) - P_{on} P_o(n-1). \quad (4)$$

Зная вероятность воздействия опасных факторов, можно определить опасность производственного процесса монтеров пути:

$$P_{mn}^o = \frac{N_1 P_o(1) + N_2 P_o(2) + \dots + N_n P_o(n)}{N}, \quad (5)$$

где  $N_1, N_2, \dots, N_n$  – количество работающих, подвергающихся воздействию 1, 2, ...  $n$  факторов;  $P_o(1), P_o(2), \dots, P_o(n)$  – среднестатистическая вероятность воздействия на работников 1, 2, ...  $n$  факторов;  $N$  – общая численность работников.

Приведем исходные данные для количественной оценки опасности производственного процесса.

Время нахождения в зоне возможно воздействия кинетической энергии (в течение рабочей смены): автодороги  $t_1^p = 6 \cdot 10^{-3}$  ч, железнодорожного пути –  $t_2^p = 0,1$  ч. Количество переходов и операций в течение рабочей смены на автодороге  $m_1 = 2$ , на железнодорожном пути –  $m_2 = 8$ . Интенсивность движения автомобилей и специальной техники  $n_1 = 4$  1/ч, железнодорожного подвижного состава –  $n_2 = 4$  1/ч. Время смены  $T_{cm} = 8$  ч. Общее количество работающих  $N = 30$  чел., из них  $N_1 = 28$  чел. выполняют опасные операции (подвержены воздействию опасного фактора).

Подставим в формулу исходные данные и получим среднестатистическую вероятность воздействия кинетической энергии на монтера пути, равную  $5,0022 \cdot 10^{-3}$ .

Время нахождения в зоне возможного воздействия потенциальной энергии (в течение рабочей смены): выгрузка/погрузка элементов верхнего строения пути, нахождение под поднятыми

подъемно-транспортными механизмами элементами верхнего строения пути, а также зоне работ, при которых возможно падение прочих элементов, инструментов и материалов  $t_1^p = 2 \cdot 10^{-1}$  ч; время работы на высоте  $t_1^p = 1 \cdot 10^{-1}$  ч. Количество операций в смену с возможностью воздействия потенциальной энергии  $m_1 = 2$ ,  $m_2 = 1$ . Количество работников, выполняющих опасные операции (подверженных воздействию опасного фактора), –  $N_2 = 26$ . Интенсивность погрузочно-разгрузочных работ и укладки пути в месте нахождения работника, а также интенсивность выполнения работ на высоте  $n_1 = n_2 = 0,08$  1/ч.

Подставим исходные данные в представленные выше формулы, получим среднестатистическую вероятность воздействия потенциальной энергии на монтера пути, равную  $1,125 \cdot 10^{-4}$ .

Время нахождения в зоне возможного воздействия электрической энергии (в течение рабочей смены): операции с электрифицированным ручным инструментом –  $t_1^p = 2,5 \cdot 10^{-1}$  ч, работы в зоне аварий контактной сети –  $t_2^p = 1,5 \cdot 10^{-1}$  ч. Количество операций в смену  $m_1 = 0,5$ ,  $m_2 = 0,12$ . Количество работников, выполняющих опасные операции (подверженных воздействию опасного фактора), –  $N_3 = 28$ . Интенсивность выполнения работ с электрифицированным ручным инструментом в смену  $n_1 = 0,2$  1/ч. Интенсивность выполнения работ в зоне аварии контактной сети –  $n_2 = 0,03$  1/ч.

Подставим в формулы исходные данные, получим среднестатистическую вероятность воздействия электрической энергии на монтера пути, равную  $9,77 \cdot 10^{-5}$ .

Опасность производственного процесса без учета биологического фактора составит (по формуле (5)):

$$P_{\text{ин}} = \frac{28 \cdot 5,0022 \cdot 10^{-3} + 26 \cdot 1,125 \cdot 10^{-4} + 28 \cdot 9,77 \cdot 10^{-5}}{30} \approx 4,8574 \cdot 10^{-3}$$

Приведем исходные данные по биологическому фактору для дополнения

оценки опасности производственного процесса, выполняемого монтерами пути: количество работников, потенциально подверженных воздействию опасного фактора  $N_4 = 30$ ; работы проводятся в теплый период года в регионе, в котором зафиксированы поражения людей КЭ, КБ, ГЛПС, бруцеллезом, туляремией; 50% источников централизованного и нецентрализованного водоснабжения (питьевой воды) не соответствуют нормативам по микробиологическим показателям.

Определим вероятность воздействия элементов биологического фактора В на работника:

$$B = \frac{K_{\text{п}}}{\text{Ч}_{\text{р}}}, \quad (6)$$

где  $K_{\text{п}}$  – количество поражений работников инфекционными заболеваниями, в результате которых была зафиксирована длительная нетрудоспособность, инвалидность работника или летальный исход за отчетный период (в данном случае – за 2010 г.);  $\text{Ч}_{\text{р}}$  – численность работников организации за отчетный период (за 2010 г.).

Рассчитав вероятности поражения работников КЭ, КБ, ГЛПС, бруцеллезом и туляремией на основании статистических данных Роспотребнадзора по железнодорожному транспорту по формуле (6), получаем вероятность воздействия биологического фактора, равную  $1,015 \cdot 10^{-4}$ . Несмотря на то, что в полученном значении учтены только инфекционные заболевания, источниками которых являются патогенные макроорганизмы, не учитываемые в настоящее время в составе биологического фактора, оно, тем не менее, превышает уровень приемлемого риска.

Теперь рассчитаем потенциальную опасность производственного процесса, выполняемого монтером пути, с учетом кинетической, потенциальной, электрической энергии и биологического фактора по формуле (5):

$$P_{\text{ин}}^0 \approx 4,9589 \cdot 10^{-3}$$

В результате расчета выявлено, что уровень риска воздействия биологического фактора выше уровня приемлемого риска; при количественной оценке опасности производственного процесса (на примере железнодорожников) необходимо учитывать биологический фактор.

Итак, в ходе работы получены следующие результаты:

- предложена балльная модель, адаптированная к условиям железнодорожного транспорта, для усовершенствования существующей системы оценки вредности биологического фактора

при специальной оценке условий труда, путем применения поправочных биологических коэффициентов;

- проведена количественная оценка опасности воздействия биологического фактора на работников ОАО «РЖД», результаты которой доказывают необходимость его учета при комплексной количественной оценке опасности производственного процесса;

- проведена комплексная количественная оценка опасности производственного процесса на примере бригады монтеров пути, с учетом биологического фактора. ■

### Литература

1. Хаманов И. Г., Щетинин А. Н. Исследование биологического фактора для оптимизации системы защиты работников ОАО «РЖД» // Безопасность жизнедеятельности предприятий в промышленно развитых регионах : м-лы X Междунар. науч.-практ. конф. – Кемерово : Изд-во КузГТУ, 2013. – С. 370–373.
2. Хаманов И. Г., Щетинин А. Н. Проблемы оценки риска воздействия биологического фактора на работников ОАО «РЖД» // Технические науки – от теории к практике. 2014. № 30. С. 142–150. ISSN 2308-5991.
3. Хаманов И. Г., Щетинин А. Н. Оценка производственно-профессионального риска воздействия биологического фактора на работников ОАО «РЖД» // Технические науки – от теории к практике. 2014. № 31. С. 196–201. ISSN 2308-5991.
4. Хаманов И. Г., Щетинин А. Н., Евстегнеева А. А. Оптимизация методологических подходов к понятию «биологический фактор» применительно к железнодорожному транспорту // Известия Транссиба. 2015. № 2. С. 122–130. ISSN 2220-4245.
5. Касьяков Ю. Н., Подкорытов Ю. И. Современное состояние заболеваемости природно-очаговыми инфекциями на объектах железнодорожного транспорта России // Эпидемиология и вакцинопрофилактика. 2012. № 4 (65) С. 5–11. ISSN 2073-3046.
6. Капцов В. А., Мезенцев А. П., Панкова В. Б. Производственно-профессиональный риск железнодорожников. – М. : РЕИНФОР, 2002. 287 с. ISBN 5-94944-002-1.
7. Хаманов И. Г., Щетинин А. Н. Оптимизация модели оценки риска для биологического фактора в условиях современного производства // Совершенствование технологии перевозочного процесса: сб. науч. тр. / Новосибирск : Изд-во СГУПС, 2015. – С. 269–274.
8. Безопасность жизнедеятельности. Ч. 1. Безопасность жизнедеятельности на железнодорожном транспорте : учебник для вузов ж.-д. транспорта / К. Б. Кузнецов, В. К. Васин, В. И. Купаев, Е. Д. Чернов / под ред. К. Б. Кузнецова / М. : Маршрут, 2005. – 576 с. ISBN 5-89035-272-5.

### References

1. Khamanov I. G., Schetinin A. N. Issledovanie biologicheskogo faktora dlya optimizatsii sistemy zaschity rabotnikov ОАО «RZhD» [The study of biological factor to optimize the worker protection system at Russian Railways JSC] // Bezopasnost zhiznedejatelnosti predpriyatij v promyshlennno razvitykh regionakh : m-ly X Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. – Kemerovo : Izd-vo KuzGTU, 2013. – S. 370–373.
2. Khamanov I. G., Schetinin A. N. Problemy otsenki riska vozdeystviya biologicheskogo faktora na rabotnikov ОАО «RZhD» [Issues of assessment of the risk of exposure to biological factor for employees of Russian Railways JSC] // Tekhnicheskije nauki – ot teorii k praktike. 2014. № 30. S. 142–150. ISSN 2308-5991.

3. Khamanov I. G., Schetinin A. N. Otsenka proizvodstvenno-professionalnogo riska vozdeystviya biologicheskogo faktora na rabotnikov OAO «RZhD» [Evaluation of industrial and occupational risk of exposure to biological factor for employees of Russian Railways JSC] // Tekhnicheskie nauki – ot teorii k praktike. 2014. № 31. S. 196–201. ISSN 2308-5991.
4. Khamanov I. G., Schetinin A. N., Evstegneeva A. A. Optimizatsiya metodologicheskikh podkhodov k ponyatiyu «biologicheskii faktor» primenitelno k zheleznodorozhnomu transportu [Optimization of methodological approaches to the concept of «biological factor» for railway transport] // Izvestiya Transsiba. 2015. № 2. S. 122–130. ISSN 2220-4245.
5. Kaskov Yu. N., Podkorytov Yu. I. Sovremennoe sostoyanie zabolevaemosti prirodnoochagovymi infektsiyami na ob'yektakh zheleznodorozhnogo transporta Rossii [Current incidence of natural focal diseases on railway facilities in Russia] // Epidemiologiya i vaktsinoprofilaktika. 2012. № 4 (65) S. 5–11. ISSN 2073-3046.
6. Kaptsov V. A., Mezentshev A. P., Pankova V. B. Proizvodstvenno-professionalnyi risk zheleznodorozhnikov. [Industrial and occupational risk of railway workers.] – М. : REINFOR, 2002. 287 s. ISBN 5-94944-002-1.
7. Khamanov I. G., Schetinin A. N. Optimizatsiya modeli otsenki riska dlya biologicheskogo faktora v usloviyakh sovremennogo proizvodstva [Optimization of risk assessment model for the biological factor in the context of modern industrial facility] // Sovershenstvovanie tekhnologii perevoznogo protsessa : sb. nauch. tr. / Novosibirsk : Izd-vo SGUPS, 2015. S. 269–274.
8. Bezopasnost zhiznedeyatel'nosti. Ch. 1. Bezopasnost zhiznedeyatel'nosti na zheleznodorozhnom transporte : uchebnyy dlya vuzov zh.-d. transporta [Health and Safety. Part 1. Health and safety in railway transport: a textbook for railway transport universities] / K. B. Kuznetsov, V. K. Vasin, V. I. Kupaev, E. D. Chernov / edited by K. B. Kuznetsova / М. : Marshrut, 2005. – 576 s. ISBN 5-89035-272-5.

*Статья сдана в редакцию 20 ноября 2015 года*



# Строительные конструкции

УДК 624.012.04

*Х. Ягофаров, А. Х. Ягофаров, Х. Х. Ягофаров*

## Сборно-монолитное перекрытие нового типа. Пример расчета и проектирования

UDC 624.012.04

*Kh. Yagofarov, A. Kh. Yagofarov, Kh. Kh. Yagofarov*

## New type of precast-monolithic SLAB panels. Analysis and design example

### Аннотация

Предложена новая конструкция сборно-монолитного ребристого перекрытия из железобетонных балок и плит.

Особенностью данной конструктивной схемы является максимальная индустриализация железобетонных конструкций и минимум монолитного бетона. Форма и армирование ригелей соответствует эпюре нагрузок, распределенной по треугольнику.

Монтажные стыки элементов в капитальной части и в центре ячейки выполняются без сварки и являются жесткими.

Если рассматривать данное перекрытие в составе каркасного здания, то необходимость в вертикальных связях и диафрагмах отпадает, то есть каркас работает по рамной схеме во всех направлениях: поперечном, продольном и диагональном. Геометрическая неизменяемость здания и общая устойчивость на горизонтальные нагрузки обеспечивается вертикальными рамами каркаса в трех направлениях: поперечном, продольном и диагональном

по направлению ригелей, которые одновременно являются ребристыми плитами перекрытия.

Приведена методика проектирования ребристого сборно-монолитного перекрытия каркасного здания. Расчеты и конструирование элементов плиты даны с учетом последних изданий нормативной документации. Основное внимание уделено нетрадиционному армированию опорной зоны плиты, а также предложен монтажный стык соединения диагональных ригелей в центре ячейки перекрытия. На данные стыки арматурных стержней авторами получен патент на изобретение РФ. Методика иллюстрируется примером расчета и конструирования перекрытия по двум предельным состояниям (прочность и жесткость).

**Ключевые слова:** сборно-монолитное перекрытие, анкерные устройства, анкерное кольцо, капиталь, продавливание.

DOI:10.20291/2079-0392-2016-1-57-77

**Хабид Ягофаров**, д-р техн. наук, профессор; кафедра «Строительные конструкции и строительное производство» Уральского государственного университета путей сообщения; Екатеринбург, Россия. E-mail: HYagofarov@usurt.ru.

**Анвар Хабидович Ягофаров**, канд. техн. наук, доцент; кафедра «Строительные конструкции и строительное производство» Уральского государственного университета путей сообщения; Екатеринбург, Россия. E-mail: AYagofarov@usurt.ru.

**Хасан Хабидович Ягофаров**, инженер; эксперт в области промышленной безопасности в организации ООО «РЭНКО-эксперт»; Екатеринбург, Россия. E-mail: pehot72@mail.ru.

**Khabid Yagofarov**, DSc in Engineering, Professor; Building Structures and Building Industry Department, Ural State University of Railway Transport; Ekaterinburg, Russia. E-mail: HYagofarov@usurt.ru.

**Anvar Khabidovich Yagofarov**, PhD in Engineering, Associate Professor; Building Structures and Building Industry Department, Ural State University of Railway Transport; Ekaterinburg, Russia. E-mail: AYagofarov@usurt.ru.

**Khasan Khabidovich Yagofarov**, engineer; expert in the field of industrial safety at RENKO-expert LLC; Ekaterinburg, Russia, E-mail: pehot72@mail.ru.

**Summary**

A new design of precast-monolithic ribbed slab panel made of concrete beams and plates is proposed.

This structural layout scheme is characterized by maximum industrialization of reinforced concrete structures and minimum use of low-situ concrete. The form and reinforcement of crossbars corresponds to the diagram of loads, distributed on triangle.

Installation joints of elements in cap part and in the center of the cell are performed without welding and are rigid.

If this slab panel is considered as a part of a frame building, the need for vertical bracings and diaphragms is eliminated, i.e. the frame operates according to skeleton scheme in all directions transverse, longitudinal and diagonal. Geometric stability of the building and total resistance to horizontal loads is ensured by vertical frames of the skeleton

in three ways: laterally, longitudinally and diagonally along crossbars, which also act as ribbed floor slabs.

The technique of designing ribbed precast-monolithic slab panel of a frame building is provided. Calculations and design of plate elements are given according to the latest editions of the normative documentation. The paper focuses on non-traditional reinforcement of the bearing area of the slab panel, and provides a mounting joint connection of diagonal crossbars in the center of overlapping cells. The authors obtained a patent of the Russian Federation for the reinforcement bar joints described above. The technique is illustrated by the example of analysis and design of a slab panel using two limiting conditions (strength and stiffness).

**Keywords:** prefabricated monolithic slab, anchor devices, anchor ring, cap, punching.  
DOI:10.20291/2079-0392-2016-1-57-77

Монолитное домостроение с использованием плоских безбалочных плит перекрытий достигло большого объема. Опыт проектирования и строительства последних лет показал, что при всех своих достоинствах дома из монолитного железобетона имеют повышенную материалоемкость. В первую очередь это относится к плоским перекрытиям каркасных зданий [1]. Толщина плоского безбалочного перекрытия при сетке колонн до 6×6 м устоялась в пределах до 180–220 мм, а удельный расход арматуры достигает 200 кг/м<sup>3</sup> и более.

Для сравнения: приведенная толщина круглопустотной плиты перекрытия равна 120 мм при удельном расходе стали 30–70 кг/м<sup>3</sup>. Повышенная материалоемкость плоской безбалочной плиты перекрытия обусловлена технологическими причинами и нуждается в конструктивном совершенствовании. Появилась необходимость перехода к экономичным сборно-монолитным конструкциям с минимальным объемом монолитного железобетона.

Уже созданы новые конструкции сборно-монолитных перекрытий каркасных зданий, апробированные в реальном домостроении: «Аркос» (Белоруссия), «Сарет» (Чебоксары), «Сочи»

(Россия), ИМС (Югославия), РСТ (Болгария) [2]. В отечественной практике разрабатываются и исследуются различные модификации так называемой регионально адаптируемой индустриальной универсальной строительной системы РАДИУСС [3–5]. Анализ этих перекрытий выявил общие тенденции их применения: массовое использование в составе перекрытия традиционных пустотных плит; простые формы марок сборочных элементов при минимальном числе типоразмеров; монолитные ригели преимущественно выступают вверх, а не вниз (плоские перекрытия); бесконсольные колонны, монолитные или сборные с просветами в уровне перекрытий; предварительное напряжение тросами собранных в проектном положении перекрытий; традиционная линейная конструктивная схема, в которой плиты работают в одном направлении, а ригели в другом; связевая система каркаса в обоих направлениях, что обусловлено конструктивно ограниченной высотой сечения ригеля, не обеспечивающей должной жесткости рамы.

В настоящей работе рассматривается ребристое сборно-монолитное перекрытие, основанное на принципиально

новом членении на отдельные, в том числе треугольные элементы. Перекрытие в сборе аналогично монолитному, т. е. работает плоско, одинаково во всех направлениях, реализует рамную систему каркаса во всех направлениях, обеспечивает возможность увеличения пролета и нагрузки, а также предварительное напряжение сборных конструкций, выполняемое в заводских условиях. Перекрытие собирается из элементов простых форм. Использован оригинальный стык арматурных стержней разных направлений по оси колонны и в центре ячейки [6].

### Идея конструктивного решения

Конструктивное решение перекрытия преследует цель: снизить вес перекрытия при соблюдении требований надежности. Основным приемом снижения веса ребристого перекрытия является уменьшение толщины плиты. Максимальное снижение веса перекрытия достигается уменьшением толщины плиты до минимального значения – 50–60 мм. Последнее определяется нормами, ограничивающими минимальную толщину защитного слоя бетона в 20 мм [8].

Минимальную расчетную толщину плиты перекрытия можно обеспечить членением ее ригелями и балками на отдельные участки соответствующих размеров. Площадь такого участка можно приближенно определить по формуле

$$A \approx \frac{100}{P},$$

где  $A$  – площадь участка плиты перекрытия минимальной толщины, м<sup>2</sup>;  $P$  – полная нагрузка, кН/м<sup>2</sup>.

Участки перекрытия могут быть не только квадратными, но и треугольными [9].

Треугольный участок имеет следующие преимущества по сравнению с квадратным участком при одинаковых площадях и нагрузках: универсальность, т. е. пригодность для всех возможных форм ячейки перекрытия (рис. 1); меньше расчетный изгибающий

момент (примерно на 30%), т. е. треугольных участков на ячейке перекрытия может быть меньше; повышенная жесткость и трещиностойкость; меньше узлов сопряжения балок с ригелями и друг с другом, соотношение которых выражается формулой

$$m = 2n + 1,$$

где  $m$  и  $n$  – число узлов сопряжений балок с ригелями и друг с другом при квадратном и треугольном участках плиты перекрытия соответственно.

Последнее означает, что возведение перекрытия с треугольными участками менее трудоемко, чем с квадратными.

### Конструкция перекрытия

Ячейка перекрытия – это многоугольник, образованный сеткой колонн. Регулярная система ячеек перекрытия может быть представлена многоугольниками, у которых сумма внутренних углов на общей вершине (оси колонны) равна 360°. Такими многоугольниками являются треугольник, четырехугольник и шестиугольник. Здесь рассматриваются ячейки перекрытия, образующие правильные многоугольники (см. рис. 1).

Перекрытие состоит из плиты 1, ригелей 2, балок 3. Ригели опираются на колонны 5 посредством капители 4 и располагаются по контуру ячейки перекрытия и по диагоналям так, что расчленяют плиту 1 перекрытия на треугольные участки. Дальнейшее измельчение этих участков до получения требуемых габаритов в плане осуществляется балками 3 с опиранием на ригели и колонны.

Колонны 5 – монолитные или сборные с просветами в уровне каждого этажа для опирания перекрытия. Ригели 2 и балки 3 – сборные, заводского изготовления. Плита 1 перекрытия – монолитная или собрана из треугольных плоских плит заводского изготовления размерами на участок плиты перекрытия 1. Во втором случае шов бетонирования располагается поверх ригелей и балок, а сборные плиты имеют

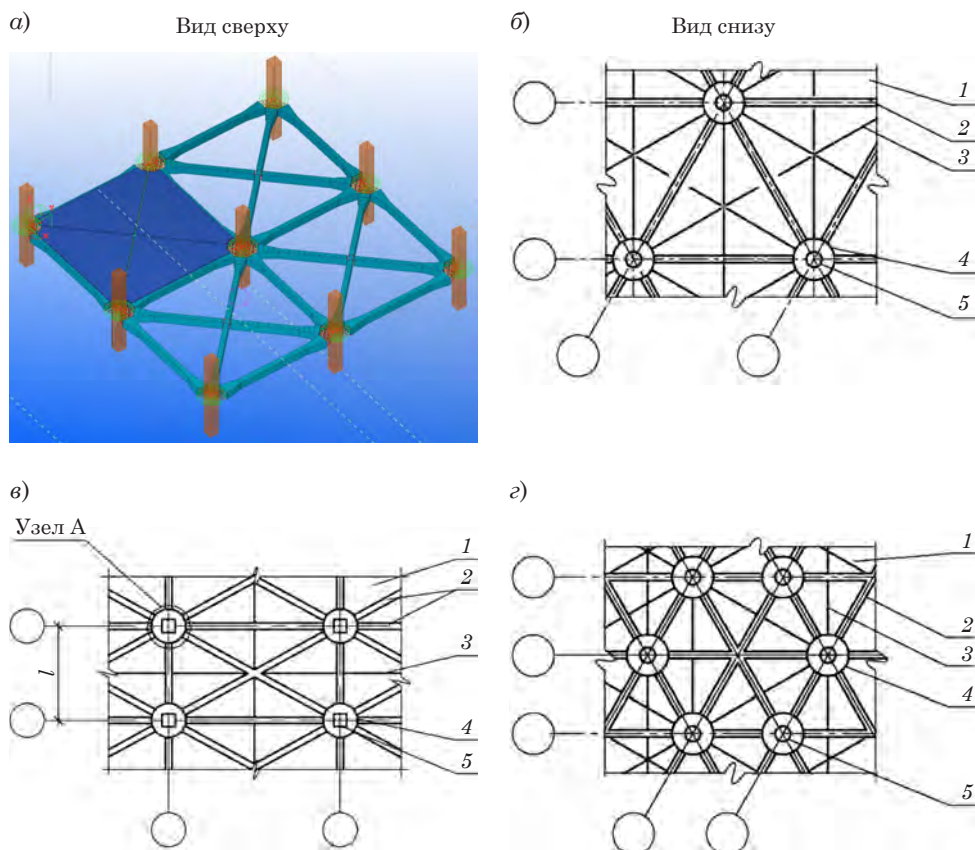


Рис. 1. Фрагмент перекрытия с ячейками

*a* – визуализация ячеек перекрытия; *б* – треугольной; *в* – прямоугольной; *г* – шестиугольной; 1 – плита перекрытия; 2 – ригель; 3 – балка; 4 – капитель; 5 – колонна

выпуски арматуры по периметру. После замоноличивания швов бетонирования сборные участки плиты перекрытия работают по неразрезной схеме, а ригели и балки – совместно с плитой перекрытия.

Сборные элементы перекрытия можно выполнить с предварительным напряжением арматуры. Перекрытие в сборе аналогично монолитному перекрытию, т.е. работает одинаково во всех направлениях.

Сопряжение ригелей с колоннами жесткое, осуществляется посредством монолитной капители. Капитель воспринимает опорные усилия перекрытия, которые достигают своего максимума по оси колонны, насыщена опорной арматурой, поэтому выполняется

монолитной. Колонна с ригелями реализует рамную систему каркаса во всех направлениях.

Узел А опирания ригелей на колонну приведен на рис. 2. Ригель 2 примыкает к капители 4 уширенным концом. Уширение на концах ригелей играет двойную роль. Во-первых, формируют монолитную восьмиугольную капитель 4 с вписанным радиусом  $r_k$ ; во-вторых, приближенно повторяет очертание эпюры усилий. Верхняя грань ригеля 2 имеет неровности за счет выступающих кромок заполнителя, что обеспечит должное сцепление монолитной плиты 1 с ригелем 2 или шва бетонирования 9 сборных элементов плиты 1 с ригелем 2. Шов бетонирования 9 обеспечит также анкеровку

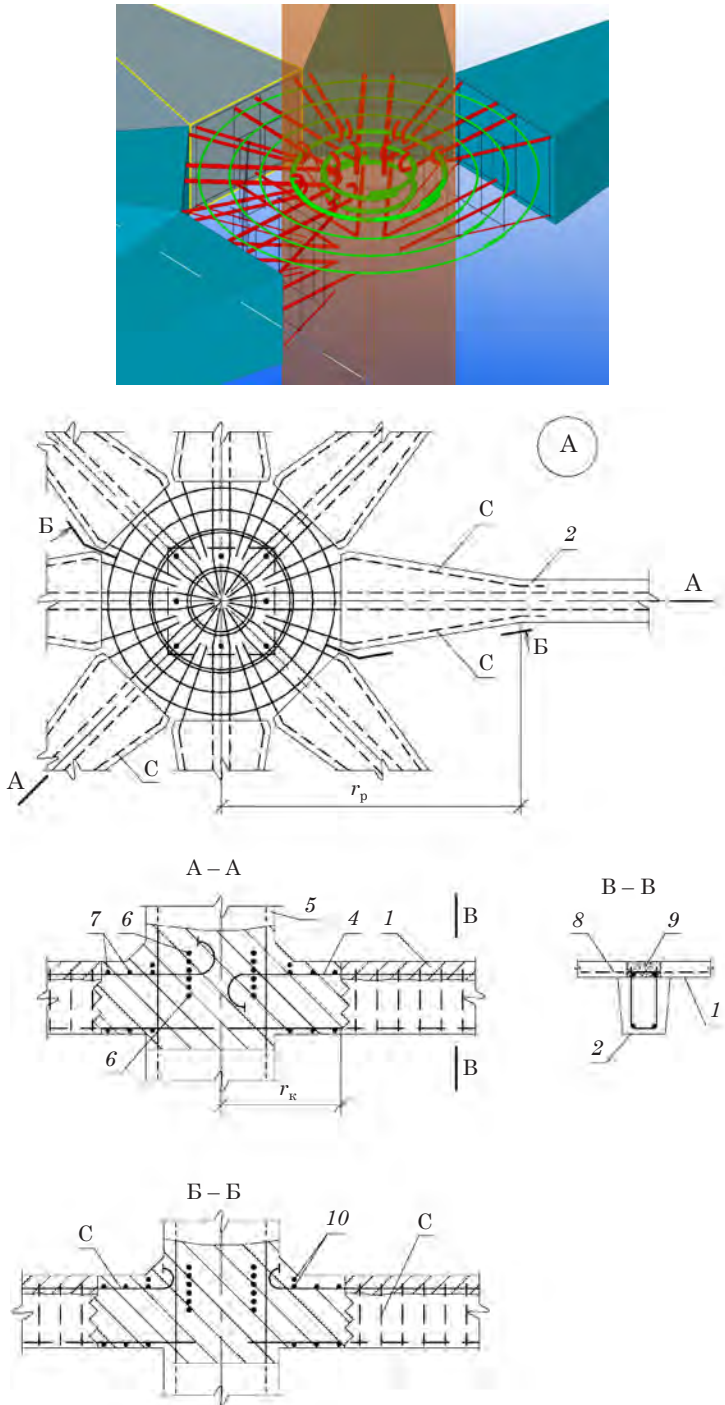


Рис. 2. Узел А

1, 2, 4 и 5 – по рис. 1; 6 – анкерное кольцо из арматурных стержней; 7 – кольцевая арматура; 8 – арматура плиты; 9 – шов бетонирования сборных элементов плиты перекрытия; 10 – анкерное кольцо за пределами сечения колонны; С – арматурная сетка уширенного конца ригеля; наверху показана визуализация узла А



выпусков арматуры 8 из сборных элементов плиты 1 перекрытия. Выпуски продольной рабочей арматуры ригеля 2 располагаются в капители 4 и заводятся в просвет колонны 5. При этом концы верхней рабочей арматуры загибают и размещают внутри анкерного кольца 6, установленного по оси колонны. Загнутые концы арматуры всех ригелей могут не разместиться внутри одного кольца. Поэтому концы одной половины ригелей (прямых) загибают вниз и размещают внутри нижнего анкерного кольца, а концы другой половины ригелей (диагональных) загибают вверх и размещают внутри верхнего анкерного кольца. Торцы загнутых концов арматуры снабжают высаженной головкой или анкерной шайбой. Загнутые выпуски арматуры, расположенные внутри анкерных колец, обеспечивают анкерровку стержней рабочей арматуры по оси колонны. Таким образом, обеспечивается неразрывность перекрестной рабочей арматуры, расположенной в одной горизонтальной плоскости.

Уширения концов ригеля армируются вертикальными сетками С, выпуски которых анкеруются загнутым концом с помощью анкерного кольца 10, расположенного за пределами сечения колонны.

Нижняя арматура опорной зоны ригелей и сетки С в капители по форме такая же, как и верхняя, но по содержанию она конструктивная и не имеет анкерующих устройств.

Кольцевая арматура 7 призвана усилить капитель на восприятие максимального опорного изгибающего момента по оси колонны.

Анкерные кольца выполняют либо из обрезка стальной трубы, либо из арматурных стержней. Диаметр кольца 6 назначают так, чтобы его можно было завести в просвет колонны. Центр колец совмещают с осью колонны.

Капитель воспринимает максимальные усилия перекрытия, находится в объемном напряженном состоянии, поэтому оправдано выполнение капители,

в том числе из фибробетона. Высота сечения капители и ригелей одинакова, что облегчает бетонирование капители.

### Работа перекрытия

Перекрытие в собранном виде по характеру работы аналогично ребристому перекрытию из монолитного железобетона, то есть работает пространственно, одинаково во всех направлениях.

Участки плиты, сформированные ригелями и балками, работают по схеме треугольных плит с защемленными кромками. Ригели 2 и балки 3 работают совместно с плитой 1 по неразрезной схеме. Уширения ригелей примерно повторяют эпюры усилий, что облегчает их восприятие.

Ригели защемлены в колонне посредством капители так, что ригели и колонны образуют рамную систему во всех направлениях. Опорная (верхняя) арматура 1 ригелей 2 анкерится в замоноличиваемом просвете колонны 5 с помощью анкерных колец 6, выполненных из арматурных стержней (см. рис. 2) или из обрезка стальной трубы (рис. 3).

Загнутый конец арматуры 1 взаимодействует с анкерным кольцом 2 следующим образом. По всей длине заделки арматуры 1, растянутой с усилием  $F_s$ , возникают напряжения сцепления  $\tau$  с бетоном, а на загнутом конце арматуры к ним добавляются напряжения смятия  $\sigma_r$ . Высаженная головка 3 на торце загнутого конца арматуры испытывает напряжение сжатия  $\sigma_r$ .

Указанные напряжения, во-первых, удерживают арматуру 1 от выдергивания из бетона, во-вторых, через бетон передаются на анкерное кольцо 2 в виде активного давления интенсивностью  $\sigma_a$ , распределенного по трапеции в пределах поперечного сечения кольца. В связи с этим равнодействующая давления  $q_a$  воздействует на анкерное кольцо с эксцентриситетом  $e$ . По периметру анкерного кольца активное давление  $q_a$  распределяется неравномерно или равномерно. В любом случае равнодействующим этого давления в пределах



сектора, ограниченного центральным углом  $\psi$ , является усилие растяжения в арматуре  $F_s$ .

Пассивное давление бетона  $\sigma_{\Pi}$  и  $q_{\Pi}$ , вызванное упругими деформациями анкерного кольца, частично нейтрализует активное давление  $\sigma_a$  и  $q_a$  [15]. В расчетах в запас прочности анкерного кольца пассивное давление учитывать

не рекомендуется. В этом случае усилие растяжения в кольце рассчитывают только на активное давление бетона по формулам:

– при числе арматурных стержней  $n \leq 6$

$$N_K = \frac{0,5F_s}{\sin(\pi/n)}, \quad (1)$$

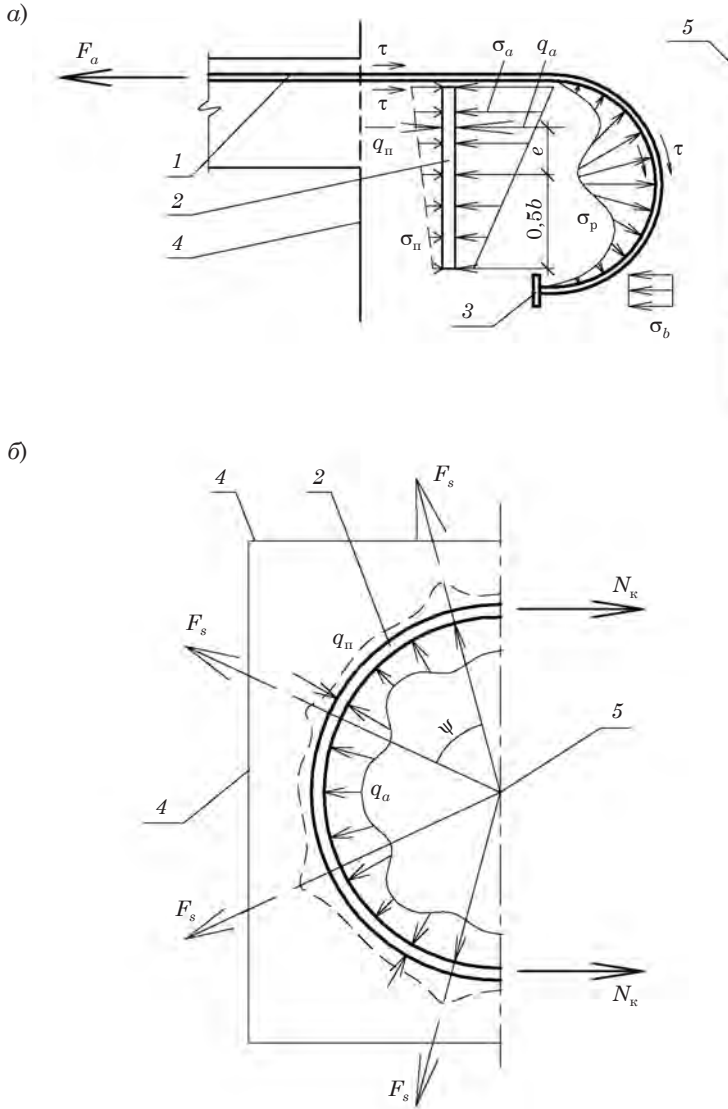


Рис. 3. Расчетная схема

$a$  – загнутого конца арматуры;  $b$  – анкерного кольца;

1 – арматура с загнутым концом; 2 – анкерное кольцо из обрезка стальной трубы; 3 – высаженная головка арматуры; 4 – колонна; 5 – центр анкерного кольца, совмещенный с осью колонны

– при числе арматурных стержней  $n \geq 8$

$$N_K = \frac{F_S}{\psi} = 0,1592n \cdot F_S, \quad (2)$$

где  $F_S = A_S \cdot R_S$  – усилие, воспринимаемое арматурным стержнем;  $A_S$  – площадь поперечного сечения арматуры;  $R_S$  – расчетное сопротивление продольной арматуры.

При  $n \geq 8$  площадь поперечного сечения анкерного кольца определяют по формуле

$$A_K \geq \frac{N_K}{R_{S,K}(R_{y,K}) \cdot \gamma_C} = \frac{0,1592n \cdot A_S}{\gamma_C} \cdot \frac{R_S}{R_{S,K}(R_{y,K})}, \quad (3)$$

где  $R_{S,K}(R_{y,K})$  – расчетное сопротивление арматуры кольца (стали трубы) [12];  $R_S$  – по формуле (2);  $\gamma_C \geq 0,5$  – коэффициент условий работы, учитывающий неравномерность загрузжения анкерного кольца по высоте сечения, а также отсутствие опыта проектирования, строительства и эксплуатации узла в целом.

Габариты капители в плане назначают так, чтобы в ней разместилась расчетная пирамида продавливания перекрытия колонной. Усилие продавливания воспринимается бетоном капители и поперечной арматурой ригелей и сеток С (см. рис. 2).

Опорный изгибающий момент перекрытия воспринимается рабочей (верхней) арматурой ригелей, заанкеренных с помощью анкерного кольца по оси колонны, верхней арматурой сеток С, заанкеренных с помощью анкерного кольца за пределами сечения колонны и кольцевой арматурой, установленной в верхней зоне капители.

### Пример расчета и проектирования

#### Исходные данные

Исходные данные для расчета приняты такими же, как и для расчета плоской плиты из монолитного железобетона, изложенного в [7]:

Нагрузка	Нормативная	$\gamma_f$	Расчетная
Постоянная ( $g$ , кН/м <sup>2</sup> )	7,0	1,1	7,7
Временная ( $v$ , кН/м <sup>2</sup> )	4,0	1,2	4,8
Всего ( $p$ , кН/м <sup>2</sup> )	11,0	1,14	12,5

У бетона класса прочности В25 расчетное сопротивление сжатию и растяжению соответственно равны  $R_b = 14,5$  МПа и  $R_{bt} = 1,05$  МПа [8; 11],  $\gamma_{b1} = 0,9$ , начальный модуль упругости равен  $E_b = 30000$  МПа.

Приведенный модуль упругости определяется по формуле [8]

$$E_{b,red} = \frac{R_b}{\epsilon_{b1,red}} = \frac{14,5}{2,8 \cdot 10^{-3}} = 5180 \text{ МПа.}$$

Арматура классов:

- продольная А500,  $R_S = 435$  МПа; В500,  $R_S = 415$  МПа;
- поперечная А400,  $R_{SW} = 285$  МПа;
- шпильки и распределительная А240; В500.

Размеры поперечного сечения колонны: 500×500 мм.

Расчет арматуры по нормальным сечениям производится по формулам (3.22) и (3.23) [11]. Расчет арматуры по наклонным сечениям производится по формулам (3.43)–(3.49) [11]. Расчет бетонного сечения капители на продавливание производится по формуле (3.182) [11]. Сечение анкерного кольца рассчитывается по формулам (2), (3).

#### Перекрытие с ячейкой 6×6 м

Общий вид ячейки рассчитываемого перекрытия приведен на рис. 4. Толщина перекрытия  $h = 350$  мм, включая плиту толщиной 50 мм. Ширина сечения ригелей 150 мм. В случае сборной плиты ширина верха сечения ригелей – 200–250 мм. Ригели расчленяют плиту на четыре треугольных участка. Дальнейшее членение плиты балками на более мелкие участки здесь не требуется.

Вид снизу

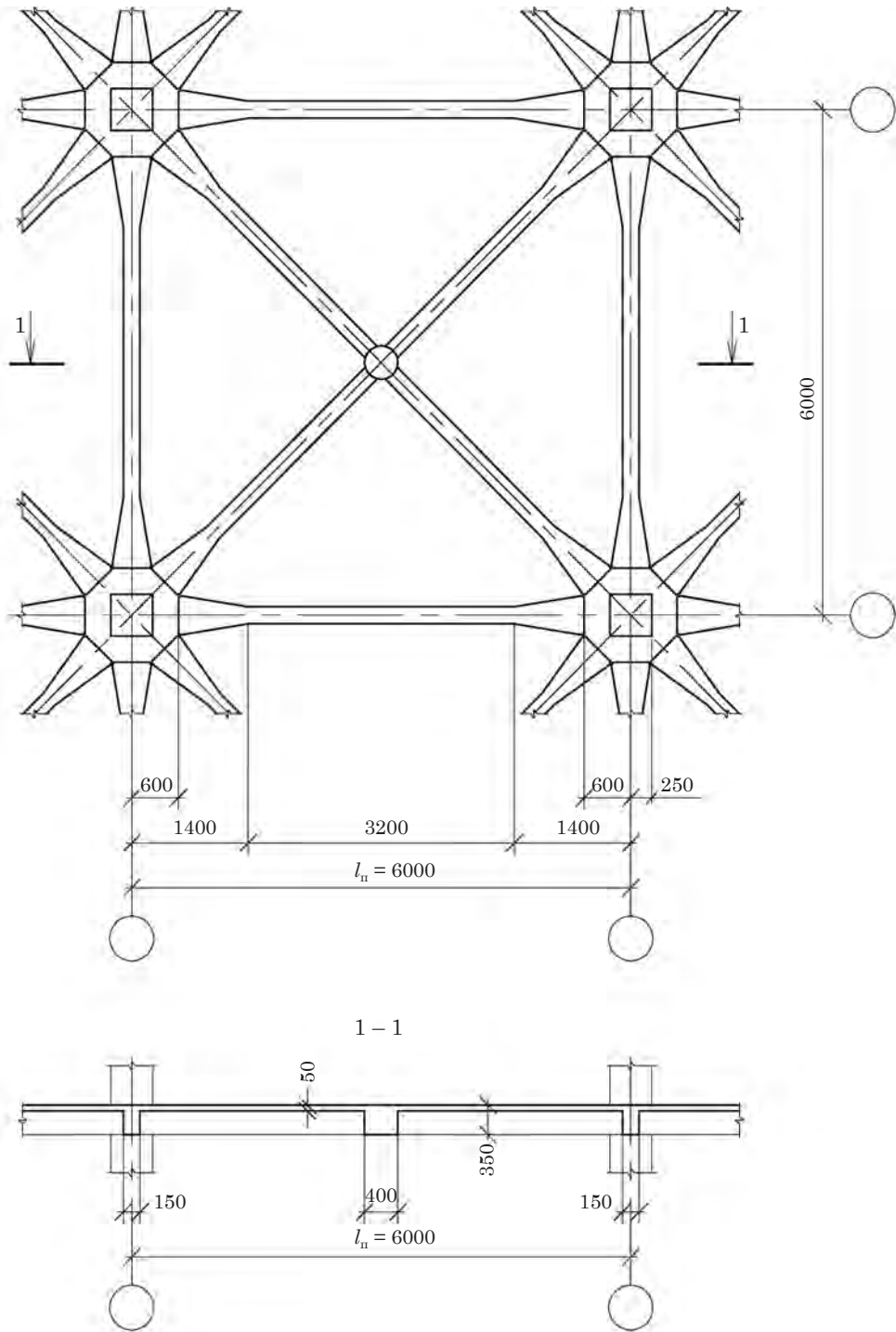


Рис. 4. Общий вид ячейки перекрытия

## Статический расчет

### Треугольный участок плиты

Треугольный участок как фрагмент плиты с защемленными кромками рассчитан на ЭВМ. Изополю изгибающих моментов и прогибов приведены на рис. 5. Максимальный изгибающий момент на опоре равен  $M_{\text{ОП}} = 2,96 \text{ кН} \cdot \text{м/м}$ .

Прогиб участка равен  $f = 2,35 \text{ мм}$  с учетом начального модуля упругости. В переводе на приведенный модуль упругости прогиб составит (приближенно)

$$f_{\text{ред}} = f \cdot \frac{E_b}{E_{b,\text{ред}}} = 2,35 \frac{30000}{5180} = 13,6 \text{ мм}$$

или относительный прогиб

$$\frac{2 \cdot f_{\text{ред}}}{l_g} = \frac{2 \cdot 13,6}{8485} = \frac{1}{312} \leq \left[ \frac{f}{l} \right] = \frac{1}{150}. \quad [9]$$

Можно считать, что жесткость участка плиты обеспечена.

### Диагональный ригель

Расчетный пролет ригеля равен

$$l_g = l_{\text{П}} \sqrt{2} = 6 \cdot 1,4142 = 8,485 \text{ м.}$$

Нагрузка распределена по двум треугольникам с вершинами на расстоянии  $a = \frac{l_{\text{П}}}{2} = 3 \text{ м}$  от опор (рис. 6, а). Интенсивность нагрузки на вершинах треугольников равна

$$q = 2 \cdot b \cdot p = 2 \left( \frac{l_{\text{П}}}{2} - a \right) \cdot p = (8,485 - 6,0)12,5 = 31,1 \text{ кН/м.}$$

Расчетная схема ригеля и эпюры усилий приведены на рис. 6, б.

Опорный изгибающий момент определяют по нагрузке, эквивалентной фактической нагрузке  $q$  и равной [11]

$$q_{\text{ЭКВ}} = \frac{17q}{32} = \frac{17 \cdot 31,1}{32} = 16,52 \text{ кН/м,}$$

$$M_0 = \frac{q_{\text{ЭКВ}} \cdot l_{\text{д}}^2}{12} = \frac{16,52 \cdot 8,485^2}{12} = 99,1 \text{ кН} \cdot \text{м.}$$

Опорная реакция равна

$$Q_0 = \frac{0,5q \cdot l_{\text{д}}}{2} = \frac{0,5 \cdot 31,1 \cdot 8,485}{2} = 66,0 \text{ кН.}$$

Пролетный изгибающий момент вычисляют по формуле

$$M_{\text{П}} = -Q_0 \cdot \frac{l_{\text{д}}}{2} + M_0 + 0,5q \cdot a \left( b + \frac{1}{3}a \right) + 0,5q \cdot b \cdot \frac{2}{3} \cdot b = -66 \cdot 8,485 / 2 + 99,1 + 0,5 \cdot 31,1 \cdot 3 \left( 1,243 + \frac{1}{3} \right) + 0,5 \cdot 31,1 \cdot 1,243 \frac{2}{3} \cdot 1,243 = -280 + 99,1 + 104,6 + 16 = -60,3 \text{ кН} \cdot \text{м.}$$

Усилия в характерных сечениях, а именно на грани колонны  $M_{25}$  и  $Q_{25}$ , на грани капители  $M_{60}$  и  $Q_{60}$ , в месте смены сечения ригеля  $M_{140}$  и  $Q_{140}$  и под вершиной треугольника нагрузки  $M_{300}$  и  $Q_{300}$  вычисляют по формулам

$$M_{iq} = M_0 - Q_0 \cdot x_i + 0,5q_i \cdot x_i \cdot \frac{1}{3} \cdot x_i,$$

$$Q_{iq} = Q_0 - 0,5x_i \cdot q_i,$$

где  $q_i = \frac{q}{a} \cdot x_i$ .

Результаты вычислений сведены в таблицу 1.

Усилия, возникающие в ригеле рамы (условно):

$$M_{\text{Р}} = 36 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

$$\text{и } Q_0 = 2 \cdot \frac{M_{\text{Р}}}{l_{\text{д}}} = \frac{2 \cdot 36}{8,485} = 8,5 \text{ кН.}$$

Изгибающие моменты в характерных сечениях вычисляют по формуле

$$M_{ip} = Q_0 \cdot (0,5l_{\text{д}} - x_i) = 36 - 8,5x_i.$$

Результаты вычислений сведены в таблицу 1.

Расчетные значения усилий равны сумме балочных усилий и усилий как в ригеле рамы

$$M_i = M_{iq} + M_{ip} \quad \text{и} \quad Q_i = Q_{iq} + Q_{ip}.$$

Результаты расчетов сведены в таблицу 1.

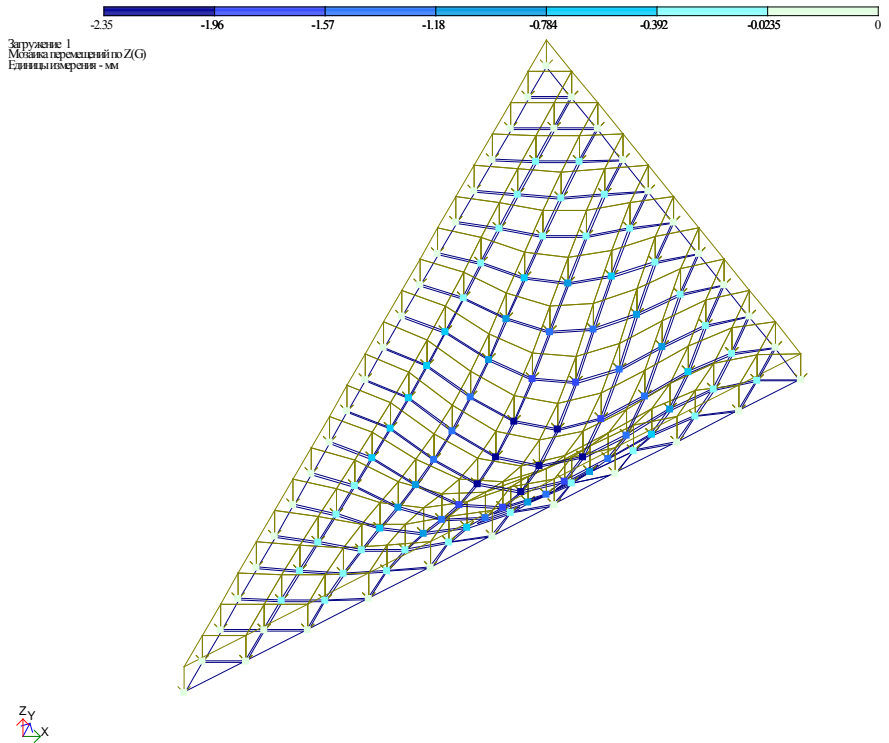
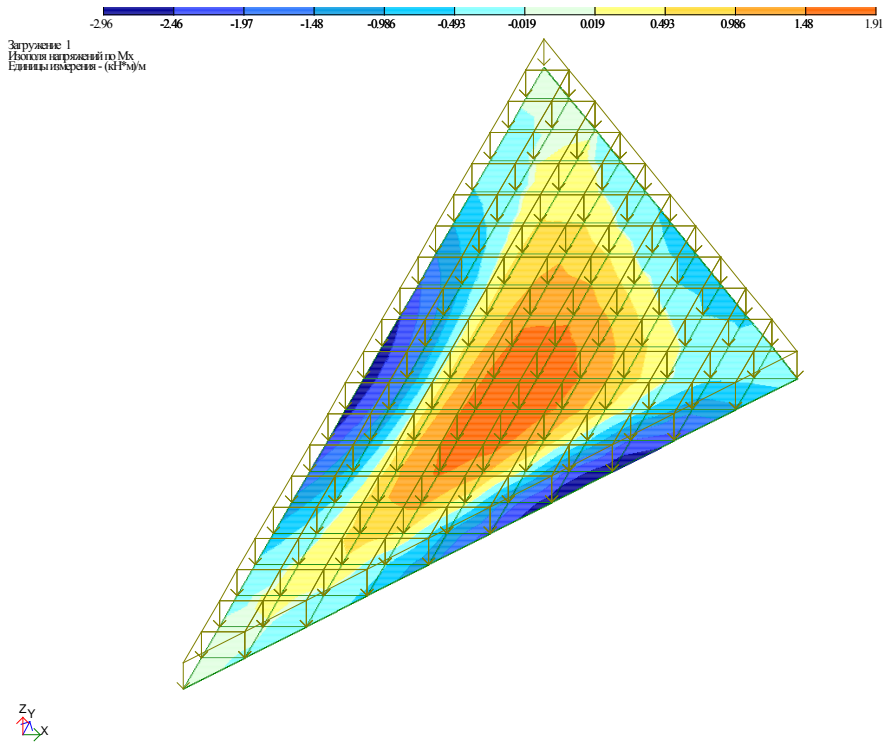


Рис. 5. Изополя изгибающих моментов и прогибов треугольного участка плиты

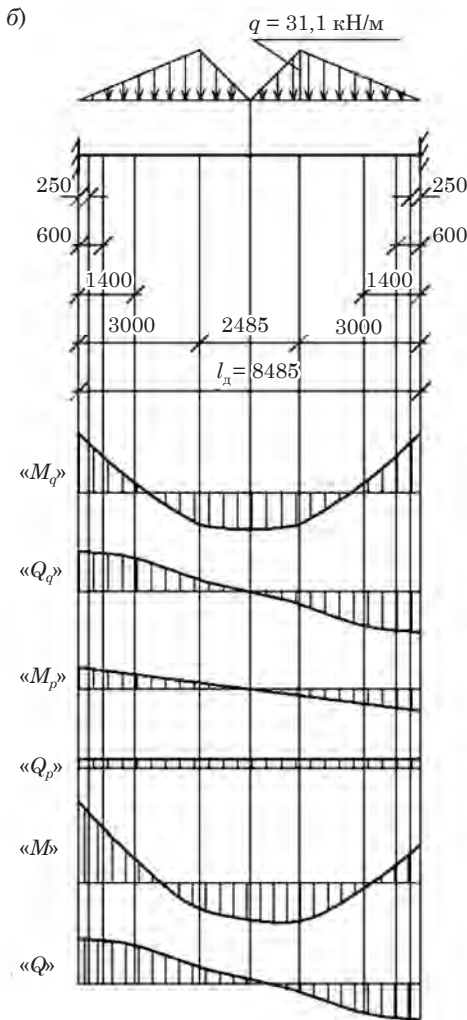
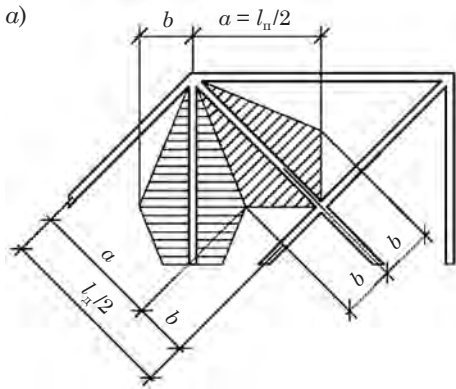


Рис. 6. Определение усилий в диагональном ригеле  
 а – грузовые зоны ригелей; б – расчетная схема и эпюры усилий диагонального ригеля

Таблица 1

Усилия в характерных сечениях диагонального ригеля

Усилия	Ордината $x_i$ , м					
	0	0,25	0,6	1,4	3,0	4,24
$q_i$ , кН/м	0	2,59	6,22	14,5	31,1	0
$M_q$ , кН·м	99,1	82,6	60,2	16,2	-52,3	-60,3
$Q_q$ , кН	66,0	65,7	64,1	55,9	19,4	0
$M_p$ , кН·м	36,0	33,9	30,9	24,0	10,4	0
$Q_p$ , кН	8,5					
$M$ , кН·м	135,1	116,5	91,1	40,2	-41,9	-60,3
$Q$ , кН	74,5	74,2	72,6	64,4	27,9	8,5

**Прямой ригель**

Расчетный пролет ригеля  $l_{\Pi} = 6$  м. Нагрузка распределена по закону треугольника с вершиной посередине пролета и интенсивностью  $q = 31,1$  кН/м (см. рис. 6, а). Расчетная схема и эпюра усилий приведены на рис. 7.

Опорный и пролетный изгибающий моменты и опорная реакция равны [13]

$$M_0 = \frac{5q \cdot l_{\Pi}^2}{96} = \frac{5 \cdot 31,1 \cdot 6^2}{96} = 58,3 \text{ кН} \cdot \text{м},$$

$$M_{\Pi} = -\frac{q \cdot l_{\Pi}^2}{12} + M_0 = -\frac{31,1 \cdot 6^2}{12} + 58,3 = -35,0 \text{ кН} \cdot \text{м},$$

$$Q_0 = \frac{q \cdot l_{\Pi}}{4} = \frac{31,1 \cdot 6}{4} = 46,7 \text{ кН}.$$

Усилия в характерных сечениях прямого ригеля вычисляются так же, как у диагонального ригеля. Результаты вычислений сведены в таблицу 2.

Изгибающий момент и поперечная сила как в ригеле рамы (условно)

$$M_p = 36 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

$$\text{и } Q = 2 \cdot \frac{M_p}{6} = 2 \cdot \frac{36}{6} = 12 \text{ кН}.$$

Усилия в характерных сечениях прямого ригеля рассчитаны так же,



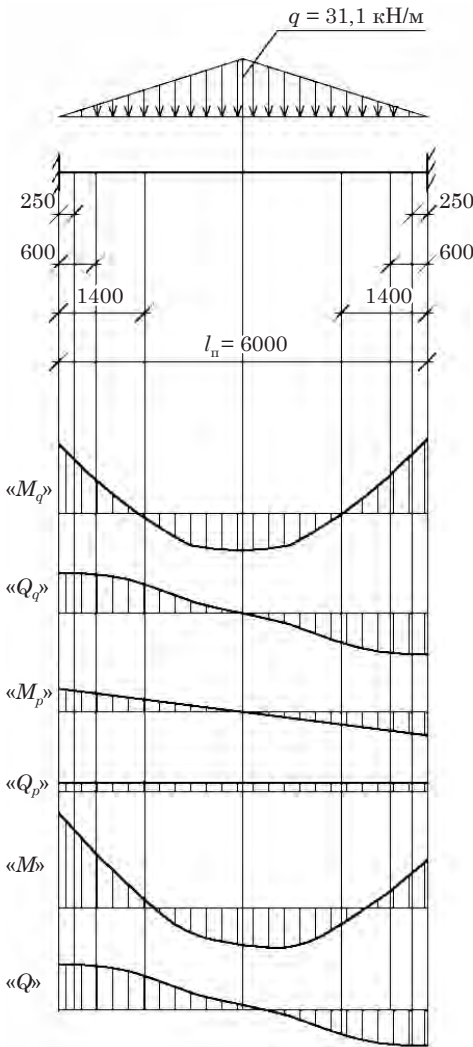


Рис. 7. Расчетная схема и эпюры усилий прямого ригеля

Таблица 2

Усилия в характерных сечениях прямого ригеля

Усилия	Ордината \$x_i\$, м				
	0	0,25	0,6	1,4	3,0
\$q_i\$, кН/м	0	2,59	6,22	14,5	31,1
\$M_q\$, кН·м	58,3	46,7	30,7	-2,4	-35,0
\$Q_q\$, кН	46,7	46,0	44,8	36,6	0
\$M_p\$, кН·м	36,0	33,0	28,8	19,2	0
\$Q_p\$, кН	12,0				
\$M\$, кН·м	94,3	79,7	59,5	16,8	-35,0
\$Q\$, кН	58,7	58,0	56,8	48,6	12,0

как у диагонального ригеля и сведены в таблицу 2.

**Конструктивный расчет**

По нормальным сечениям

Плита

Расчетный изгибающий момент \$M = 3\$ кН·м/м (на опоре без учета перераспределения усилий)

Арматура В500: \$R\_S = 415\$ МПа.

Среднее значение расчетной высоты сечения \$h\_0 = t/2 = 25\$ мм.

$$\alpha_m = \frac{M}{\gamma_{b1} \cdot R_b \cdot b \cdot h_0^2} = \frac{300}{0,9 \cdot 1,45 \cdot 100 \cdot 2,5^2} = 0,368 < \alpha_R = 0,376.$$

$$A_S = \gamma_{b1} \cdot R_b \cdot b \cdot h_0 (1 - \sqrt{1 - 2\alpha_m}) / R_S = 0,9 \cdot 1,45 \cdot 100 \cdot 2,5 (1 - \sqrt{1 - 2 \cdot 0,368}) / 41,5 = 3,82 \text{ см}^2.$$

Принято \$20\varnothing 5\$ В500, \$A\_S = 4,0\$ см<sup>2</sup> (шаг 50 мм).

**Диагональный ригель**

Сечение в пролете

Ширина полки условного тавра

$$b'_f \leq \frac{1}{6} l_n = 1,40 \text{ м.}$$

Изгибающий момент \$M = 60,3\$ кН·м. Расчетная высота \$h\_0 = 310\$ мм (рис. 8).

$$\alpha_m = \frac{6030}{0,9 \cdot 1,45 \cdot 140 \cdot 31^2} = 0,034.$$

$$A_s = 0,9 \cdot 1,45 \cdot 140 \cdot 31 (1 - \sqrt{1 - 2 \cdot 0,034}) / 43,5 = 4,5 \text{ см}^2.$$

Принято \$2\varnothing 18\$ А500, \$A\_S = 5,09\$ см<sup>2</sup>.

В месте пересечения ригелей по середине пролета арматура стыкуется посредством анкерного кольца (рис. 9).

Площадь поперечного сечения анкерного кольца из арматуры А500 вычисляют по формуле (3)

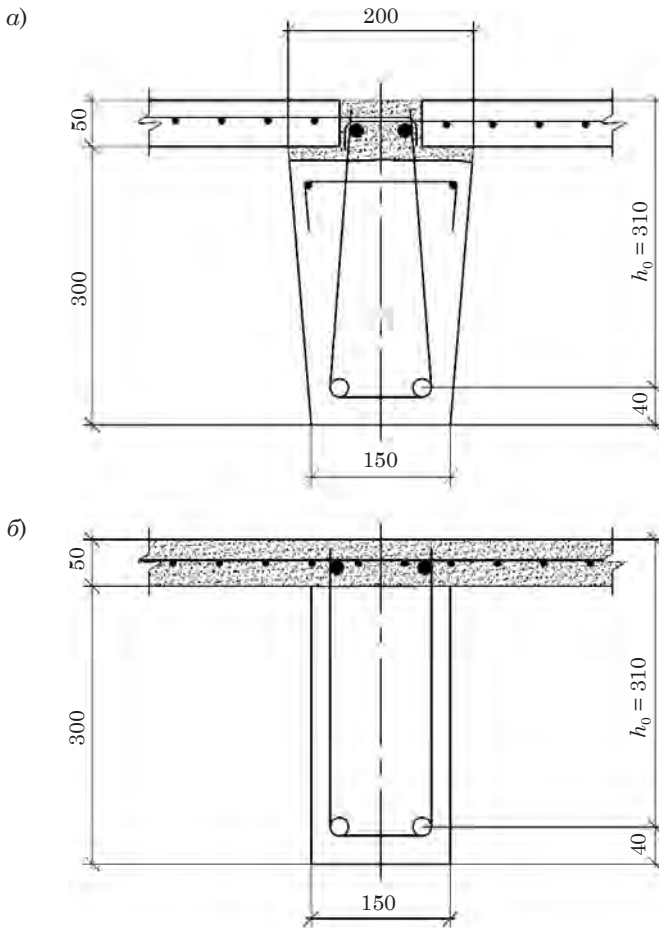


Рис. 8. Поперечное сечение ригеля  
а – со сборной плитой; б – с монолитной плитой

$$A_K = \frac{0,1592 \cdot n \cdot A_S \cdot R_S}{\gamma_c \cdot R_S} =$$

$$= \frac{0,1592 \cdot 8 \cdot 2,545}{0,6} = 5,4 \text{ см}^2.$$

Принято  $2\text{Ø}20 \text{ A500}$ ,  $A_K = 6,28 \text{ см}^2$ .

Минимальный диаметр оправки для загиба продольной арматуры и анкерного кольца соответственно равны [8]

$$D_{\text{ОПР,С}} \geq 5d_S = 5 \cdot 18 = 90 \text{ мм};$$

$$D_{\text{ОПР,К}} \geq 8d_K = 8 \cdot 20 = 160 \text{ мм}.$$

Принято  $D_S = 120 \text{ мм}$ ;  $D_K = 340 \text{ мм}$ .

*Место изменения сечения*

Изгибающий момент  $M_{140} = 40,2 \text{ кН} \cdot \text{м}$ , сжатая зона внизу ригеля, т.е.  $b = 150 \text{ мм}$ ,  $h_0 = 310 \text{ мм}$ .

$$\alpha_m = \frac{4020}{0,9 \cdot 1,45 \cdot 15 \cdot 31^2} = 0,214.$$

$$A_S = 0,9 \cdot 1,45 \cdot 15 \cdot 31 (1 - \sqrt{1 - 2 \cdot 0,214}) / 43,5 =$$

$$= 3,4 \text{ см}^2.$$

Принято  $2\text{Ø}18 \text{ A500}$ ,  $A_S = 5,09 \text{ см}^2$ .

*Сечение на стыке с капителью*

Изгибающий момент  $M_{60} = 91,1 \text{ кН} \cdot \text{м}$ .

Ширина сечения ригеля как сторона восьмиугольника капители с радиусом вписанной окружности  $r_K = 600 \text{ мм}$  равна [14]

$$b = 2r_K \cdot \text{tg}(\alpha/2) = 2 \cdot 60 \cdot \text{tg}(360/2 \cdot 8) =$$

$$= 49,7 \text{ см}.$$

Принято  $b = 49 \text{ см}$ .

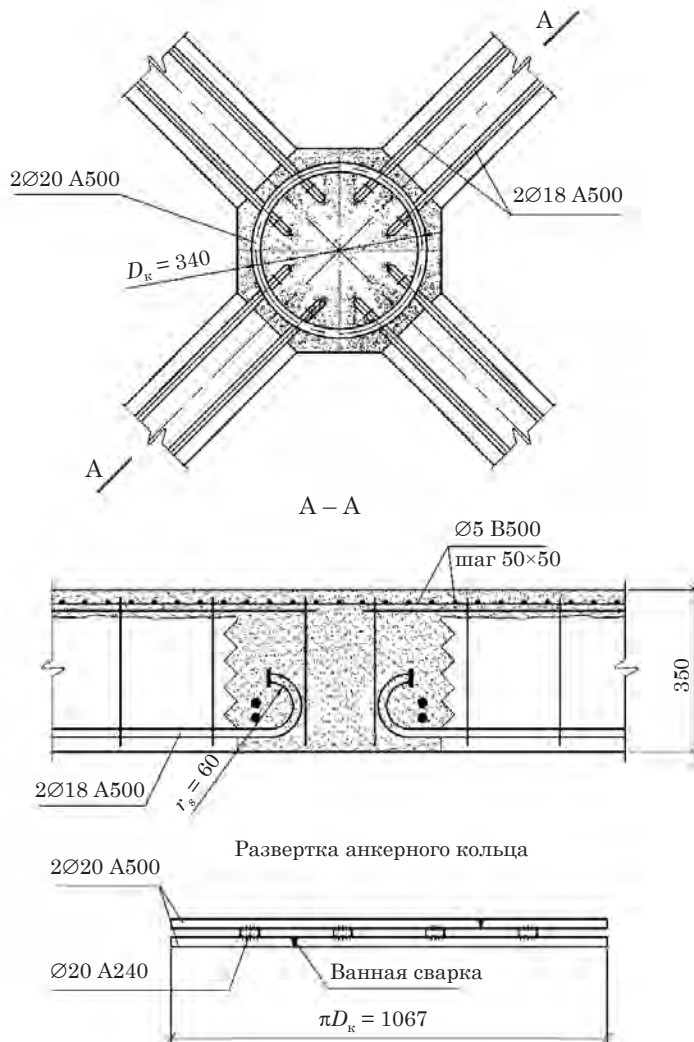
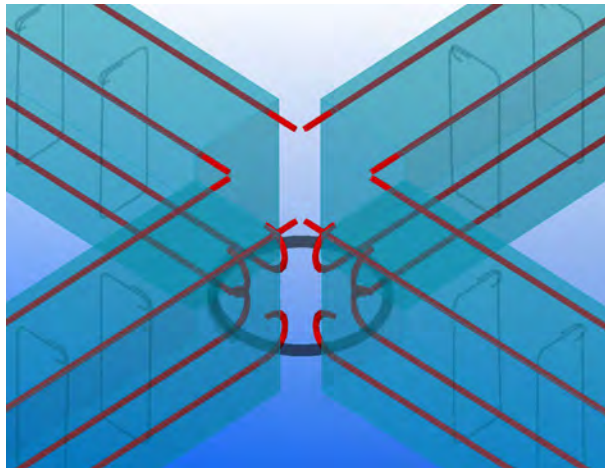


Рис. 9. Стык диагональных ригелей (наверху показана визуализация стыка)

$$\alpha_m = \frac{9110}{0,9 \cdot 1,45 \cdot 49 \cdot 31^2} = 0,148.$$

$$A_S = 0,9 \cdot 1,45 \cdot 49 \cdot 31(1 - \sqrt{1 - 2 \cdot 0,148}) / 43,5 = 7,33 \text{ см}^2.$$

Принято  $2\varnothing 18$  А500,  $A_{SP} = 5,09 \text{ см}^2$  в ригеле и  $2\varnothing 14$  А500 в уширении ригеля (сетка С), которая расположена под углом  $\beta = \arctg[(49 - 15)/2 \cdot 80] = 12^\circ$  к оси ригеля, т. е.  $A_{SY} = 2 \cdot 1,54 \cdot \cos 12^\circ = 3,01 \text{ см}^2$ .

Суммарная площадь арматуры  $A_S = A_{SP} + A_{SY} = 5,09 + 3,01 = 8,1 \text{ см}^2$ .

Арматура уширения ригелей (сетка С) анкеруется с помощью анкерного кольца, расположенного за пределами сечения колонны (рис. 10). Площадь поперечного сечения этого кольца равна (3)

$$A_K = \frac{0,1592 \cdot n \cdot A_S}{\gamma_C} \cdot \frac{R_S}{R_s} = \frac{0,1592 \cdot 16 \cdot 1,54}{0,65} = 6,03 \text{ см}^2.$$

Принято  $2\varnothing 20$  А500,  $A_S = 6,28 \text{ см}^2$ .

*Сечение по оси колонны (по капители)*

Расчетный изгибающий момент складывается из момента диагонального ригеля и моментов двух прямых ригелей, расположенных под углом  $45^\circ$  к диагональному ригелю.

Отсюда суммарный изгибающий момент равен

$$M_K = M_{0,л} + 2M_{0,п} \cdot \sin 45^\circ = 135,1 + 2 \cdot 94,3 \cdot 0,707 = 268,4 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Расчетная высота сечения  $h_0 = 310 \text{ мм}$ , ширина  $b = 1200 \text{ мм}$ .

$$\alpha_m = \frac{26840}{0,9 \cdot 1,45 \cdot 120 \cdot 31^2} = 0,178 < \alpha_R = 0,372.$$

$$A_S = 0,9 \cdot 1,45 \cdot 120 \cdot 31(1 - \sqrt{1 - 2 \cdot 0,178}) / 43,5 = 22 \text{ см}^2.$$

Фактическая арматура складывается из арматуры анкерных колец  $12\varnothing 20$  А500,  $A_{S1} = 37,7 \text{ см}^2$  и кольцевой арматуры  $6\varnothing 14$  А500,  $A_{S2} = 9,23 \text{ см}^2$  (см. рис. 10).

Кольцевую арматуру рассчитывают с коэффициентом условий работы  $\gamma_C = 0,6$  (3), тогда расчетное сопротивление арматуры равно

$$A_S = \gamma_C (A_{S1} + A_{S2}) = 0,6(37,7 + 9,23) = 28,16 \text{ см}^2 > 22 \text{ см}^2.$$

Недостающую арматуру подбирают кольцевой арматурой из трех колец. Три кольца из арматуры  $\varnothing 14$  А500 обеспечивают в сечении капители  $6\varnothing 14$  А500,  $A'_{SK} = 9,23 \text{ см}^2$ , что в сумме дает  $A_S = A_{SP} + A'_{SK} = 17,33 + 9,23 = 26,56 \text{ см}^2$ .

Кольца, анкерующие продольную арматуру ригелей и расположенные в про свете колонны, такие же, как и в стыке диагональных ригелей, так как стыкуемая арматура одинакова.

Схема армирования плиты в зоне капители приведена на рис. 10.

### Прямой ригель

*Пролетное сечение*

$$M = 35 \text{ кН} \cdot \text{м}, \quad b'_f = \frac{1}{6} l_{п} = 1000 \text{ мм}, \quad h_0 = 31 \text{ см}.$$

$$\alpha_m = \frac{3500}{0,9 \cdot 1,45 \cdot 100 \cdot 31^2} = 0,028.$$

$$A_S = 0,9 \cdot 1,45 \cdot 100 \cdot 31(1 - \sqrt{1 - 2 \cdot 0,028}) / 43,5 = 2,64 \text{ см}^2.$$

Принято  $2\varnothing 14$  А500,  $A_S = 3,08 \text{ см}^2$ .

Опорную арматуру прямого ригеля принимают такой же, как в диагональном ригеле из соображения унификации и в запас прочности.

*Расчет капители на продавливание*

$$F = 12,5 \cdot 6 \cdot 6 = 450 \text{ кН}, \quad M = 72 \text{ кН} \cdot \text{м}, \quad h_0 = 310 \text{ мм}, \quad a = 500 \text{ мм}.$$

Условие прочности бетонного сечения

$$\frac{F}{u} + \frac{M}{W_b} \leq R_{bt} \cdot h_0,$$

где  $u = 4(a + h_0) = 4(50 + 31) = 324 \text{ см}$ ,

$$W_b = (a + h_0) \left( \frac{a + h_0}{3} + a + h_0 \right) = (50 + 31) \left( \frac{50 + 31}{3} + 50 + 31 \right) = 8748 \text{ см}^2.$$

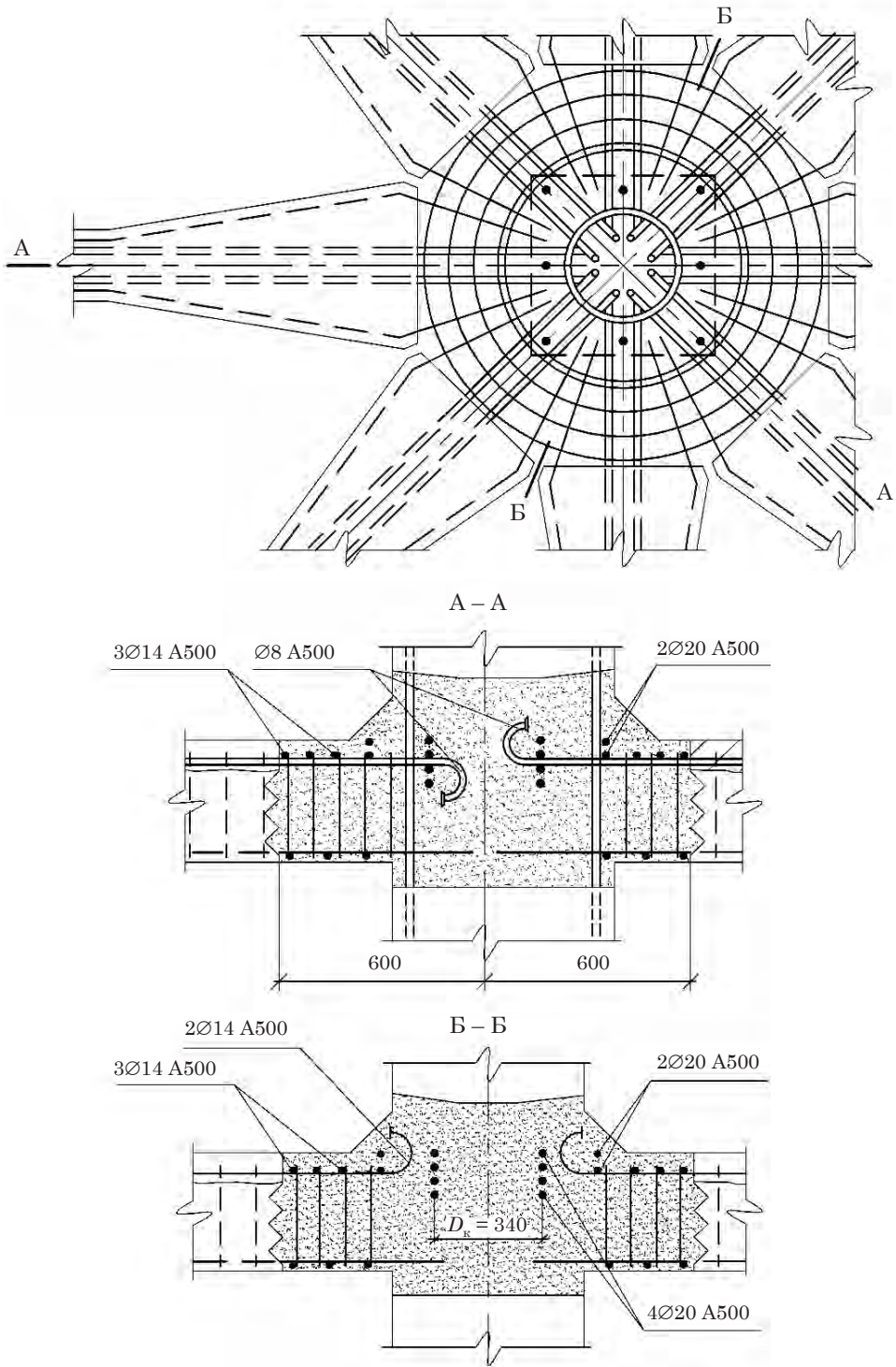


Рис. 10. Схема армирования капители

$$\frac{450}{324} + \frac{7200}{8748} = 1,39 + 0,82 =$$

$$= 2,2 \text{ кН/см} < 0,105 \cdot 0,9 \cdot 31 = 2,93 \text{ кН/см.}$$

Условие  $\frac{M}{W_b} < \frac{F}{u}$ ,  $0,82 < 1,39$  выпол-

няется.

Прочность бетонного сечения обеспечена. Поперечная арматура идет в запас прочности.

### По наклонным сечениям

#### Диагональный ригель

*В месте примыкания к капители*

Условие прочности по бетонной полосе между наклонными сечениями

$$Q_H \leq 0,3\gamma_{b1} \cdot R_b \cdot b_P \cdot h_0,$$

где  $Q_H = Q_{60} - q_{60} \cdot h_0 = 72,6 - 6,22 \cdot 0,31 =$

$$= 70,7 \text{ кН,}$$

$$b_P = b_K - 2 \cdot h_0 \cdot \sin 12^\circ = 49 - 2 \cdot 31 \cdot 0,208 =$$

$$= 36 \text{ см.}$$

$$0,3 \cdot 0,9 \cdot 1,45 \cdot 36 \cdot 31 = 437 \text{ кН} > Q_H =$$

$$= 70,7 \text{ кН.}$$

Прочность бетонной полосы обеспечена.

Условие прочности по наклонным сечениям

$$Q_{60} \leq Q_b + Q_{sw},$$

где  $Q_b = \frac{M_b}{c} = \frac{7416}{34} = 218 \text{ кН} > Q_{60} =$

$$= 72,6 \text{ кН,}$$

$$M_b = 1,5\gamma_{b1} \cdot R_{bt} \cdot b \cdot h_0^2 =$$

$$= 1,5 \cdot 0,9 \cdot 0,105 \cdot 49 \cdot 31^2 = 7416 \text{ кН} \cdot \text{см,}$$

$$c = \sqrt{\frac{M_b}{q_{60}}} = \sqrt{\frac{7416}{6,22}} = 34 \text{ см} < 3 \cdot h_0 =$$

$$= 3 \cdot 31 = 93 \text{ см.}$$

Прочность по наклонным сечениям в месте примыкания к капители обеспечена бетоном.

*В месте изменения сечения*

Условие прочности по наклонным сечениям

$$Q_{140} \leq Q_b + Q_{sw},$$

где  $Q_b = \frac{M_b}{c} = \frac{2043}{11,9} = 172 \text{ кН} > Q_{140} =$

$$= 64,4 \text{ кН,}$$

$$M_b = 1,5\gamma_{b1} \cdot R_{bt} \cdot b \cdot h_0^2 =$$

$$= 1,5 \cdot 0,9 \cdot 0,105 \cdot 15 \cdot 31^2 = 2043 \text{ кН} \cdot \text{см.}$$

$$c = \sqrt{\frac{M_b}{q_{140}}} = \sqrt{\frac{2043}{14,5}} = 11,9 \text{ см.}$$

Прочность по наклонным сечениям обеспечена бетоном.

Поперечная арматура ригелей идет в запас прочности.

Поперечная арматура ригелей принята конструктивно из арматуры

Ø6 А400 с переменным шагом 80–170 мм.

Схема армирования диагонального ригеля приведена на рис. 11.

*Приведенная толщина перекрытия*

Объем элементов перекрытия:

– диагональные ригели:  $2 \cdot 0,5(0,15 + 0,2)0,3(8,485 - 2 \cdot 1,4 - 0,4) = 0,555 \text{ м}^3;$

– прямые ригели:  $2 \cdot 0,5(0,15 + 0,2) \times 0,3 \cdot 3,2 = 0,336 \text{ м}^3;$

– центральный узел диагональных ригелей:  $3,14 \cdot 0,2^2 \cdot 0,3 = 0,038 \text{ м}^3;$

– уширение на концах ригелей:  $8 \cdot 0,5 \times (0,2 + 0,497)0,3 \cdot 0,8 = 0,669 \text{ м}^3;$

– капитель за вычетом колонны [14]:  $8 \cdot 0,6^2 \cdot 0,414 \cdot 0,3 - 0,5^2 \cdot 0,3 = 0,283 \text{ м}^3.$

Итого:  $1,881 \text{ м}^3.$

Приведенная толщина:

$$t_{\text{ПР}} = 0,05 + 1,881/6^2 = 0,05 + 0,052 =$$

$$= 0,102 \text{ м} = 102 \text{ мм.}$$

Расход арматуры – 370 кг, или  $100 \text{ кг/м}^3$  бетона.

### Вывод

Разработано ребристое сборно-монолитное перекрытие нового типа, обеспечивающее экономию материалов более чем вдвое по сравнению с монолитным перекрытием. При этом новое перекрытие имеет все достоинства монолитного, обеспечивает заводское качество конструкций и упрощает их монтаж. ■



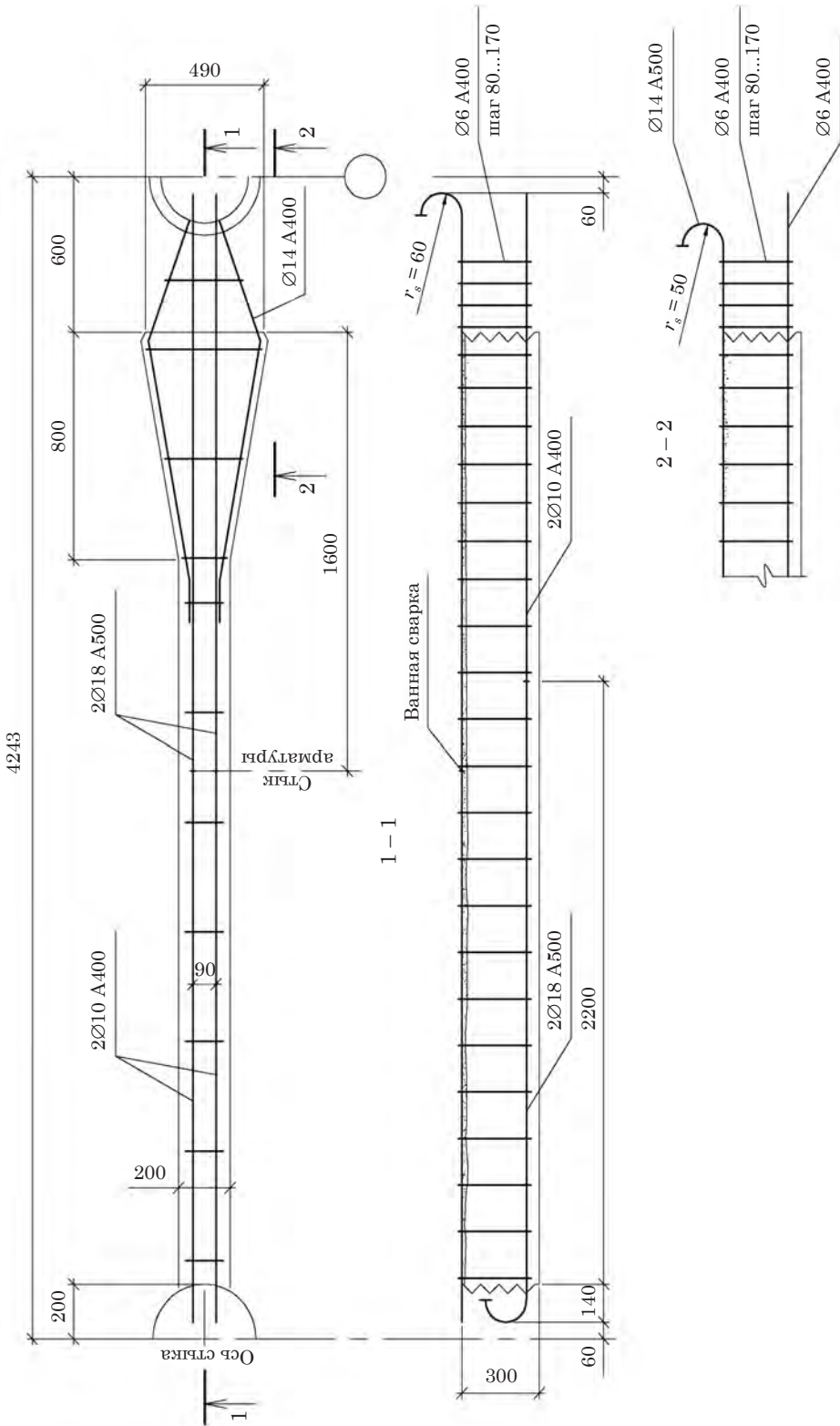


Рис. 11. Схема армирования диагонального ригеля

### Литература

1. Потапов Ю. Б., Васильев В. П., Васильев А. В., Федоров И. В. Железобетонные перекрытия с плитой, опертой по контуру // Промышленное и гражданское строительство. 2009. № 3. С. 40–41.
2. Семченков А. С. Обоснование регионально-адаптируемой индустриальной универсальной строительной системы «РАДИУСС» // Бетон и железобетон. 2008. № 4. С. 2–6.
3. Семченков А. С., Демидов А. Р., Соколов Б. С. Испытание фрагментов плита-ригель сборно-монолитного перекрытия каркаса «РАДИУСС» // Бетон и железобетон. 2008. № 5. С. 2–4.
4. Семченков А. С., Хавкин А. К., Соколов Б. С. Испытание натурального фрагмента каркаса «РАДИУСС» с применением круглопустотных плит // Бетон и железобетон. – 2008. – № 6. – С. 2–5.
5. Семченков А. С. Испытание натурального фрагмента каркаса «РАДИУСС НПУ» с плитами сплошного сечения // Бетон и железобетон. 2009. № 1. С. 2–5.
6. Ягофаров Х., Ягофаров А. Х. Стык арматуры перекрытия : пат. на изобретение РФ № 2460856 от 10.09.2012.
7. Ягофаров Х., Ягофаров А. Х. Железобетонные конструкции. Проектирование плоской плиты перекрытия: метод. указания к курсовому и дипломному проектированию для студентов специальности 290300 – «ПГС» и слушателей института дополнительного профессионального образования – Екатеринбург : Изд-во УрГУПС, 2007. – 37 с.
8. СП 52-101–2003. Бетонные и железобетонные конструкции без предварительного напряжения арматуры / ГУП «НИИЖБ». – М. : ФГУП ЦПП, 2004. – 54 с.
9. Потапов Ю. Б., Васильев В. П., Васильев А. В., Носов С. С. Расчет несущей способности треугольной в плане плиты, заземленной по контуру // Промышленное и гражданское строительство. 2010. № 6. С. 31–33.
10. СП 53-102–2004. Общие правила проектирования стальных конструкций / Госстрой России. – М. : ФГУП ЦПП, 2005. 132 с.
11. СНиП 2.01.07–85\*. Нагрузки воздействия / Госстрой России. – М. : ГУП ЦПП, 2003. – 44 с.
12. Пособие по проектированию бетонных и железобетонных конструкций из тяжелого бетона без предварительного напряжения арматуры (к СП 52-101–2003) // ЦНИИПромзданий, НИИЖБ. – М. : ОАО «ЦНИИПромзданий», 2005. – 214 с.
13. Справочник проектировщика. Расчетно-теоретический / ред. А. А. Уманский. – М. : Госстройиздат, 1960. 1040 с.
14. Бронштейн И. Н., Семендяев К. А. Справочник по математике для инженеров и учащихся втузов. – М. : Изд-во «Наука», 1980. 974 с.
15. Ягофаров А. Х., Ягофаров Х., Скоробогатов С. М. Расчет стального круглого бункера нового типа // Вестник УрГУПС. № 4 (28). 2015, С. 43–71. ISSN 2079-0392.

### References

1. Vasiliev V. P., Vasiliev A. V., Fedorov I. V. Zhelezobetonnye perekrytiya s plitoy, opertoy po konturu [Concrete slabs with a plate, supported along the contour] // Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitelstvo. 2009. № 3. S. 40–41.
2. Semchenkov A. S. Obosnovanie regionalno-adaptiruemoy industrialnoy universalnoy stroitelnoy sistemy «RADIUSS» [Rationale for a regionally-adapted universal industrial building system «RADIUSS»] // Beton i zhelezobeton. 2008. № 4. S. 2–6.
3. Semchenkov A. S., Demidov A. R., Sokolov B. S. Ispytanie fragmentov plita-rigel sbornomonolitnogo perekrytiya karkasa «RADIUSS» [Tests of plate-bolt fragments of a prefabricated monolithic slab of «RADIUSS» frame] // Beton i zhelezobeton. 2008. № 5. S. 2–4.
4. Semchenkov A. S., Khavkin A. K., Sokolov B. S. Ispytanie naturnogo fragmenta karkasa «RADIUSS» s primeneniem kruglopustotnykh plit [Test of full-scale «RADIUSS» frame fragment with hollow slabs] // Beton i zhelezobeton. – 2008. № 6. – S. 2–5.
5. Semchenkov A. S. Ispytanie naturnogo fragmenta karkasa «RADIUSS NPU» s plitami sploshnogo secheniya [Test of full-scale «RADIUSS» frame fragment with solid slabs] // Beton i zhelezobeton. 2009. № 1. S. 2–5.
6. Yagofarov Kh., Yagofarov A. Kh. Styk armatury perekrytiya : pat. na izobretenie RF № 2460856 ot 10.09.2012 [Patent for invention of the Russian Federation № 2460856 dated 10.09.2012.].

7. Yagofarov Kh., Yagofarov A. Kh. Zhelezobetonnye konstruksii. Proektirovanie ploskoy plity perekrytiya: metod. ukazaniya k kursovomu i diplomnomu proektirovaniyu dlya studentov spetsialnosti 290300 – «PGS» i slushateley instituta dopolnitelnogo professionalnogo obrazovaniya [Design of flat slabs: guidelines for course and degree designing for students majoring in the specialization 290300 – «SGM» and students of the Institute of additional professional education] – Ekaterinburg : USURT Publishing House, 2007. – 37 s.
8. SP 52-101–2003. Betonnye i zhelezobetonnye konstruksii bez predvaritelnogo napryazheniya armatury [Concrete and reinforced concrete structures without pre-stressed reinforcement] / GUP «NIIZhB». M. : FGUP TsPP, 2004. 54 s.
9. Potapov Yu. B., Vasiliev V. P., Vasiliev A. V., Nosov S. S. Raschet nesushey sposobnosti treugolnoy v plane plity, zaschemlennoy po konturu [Calculation of bearing capacity of a plate triangular in plan, clamped along the contour] // Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitelstvo. 2010. № 6. S. 31–33.
10. SP 53-102–2004. Obschie pravila proektirovaniya stalnykh konstruksiy [General rules for the design of steel structures] / Gosstroy Rossii. – M. : FGUP TsPP, 2005. 132 s.
11. SNiP 2.01.07–85\*. Nagruzki vozdeystviya [] Load Impacts / Gosstroy Rossii. – M. : GUP TsPP, 2003. 44 s.
12. Posobie po proektirovaniyu betonnykh i zhelezobetonnykh konstruksiy iz tyazhelogo betona bez predvaritelnogo napryazheniya armatury (k SP 52-101–2003) [Guidelines for the design of concrete and reinforced concrete structures made of heavy concrete without pre-stressed reinforcement (to SP 52-101–2003)] // TsNIIPromzdaniy, NIIZhB. – M. : OAO «TsNIIPromzdaniy», 2005. – 214 s.
13. Spravochnik proektirovshchika. Raschetno-teoreticheskiy [Designer's Handbook. Calculations and theory] / edited by A. A. Umanskiy. – M. : Gosstroyizdat, 1960. 1040 s.
14. Bronshteyn I. N., Semendyaev K. A. Spravochnik po matematike dlya inzhenerov i uchaschikhsya vtuzov. [Handbook of mathematics for engineers and technical university students.] – M. : Izd-vo «Nauka», 1980. 974 s.
15. Yagofarov A. Kh., Yagofarov Kh., Skorobogatov S. M. Raschet stalnogo kruglogo bunkera novogo tipa [Design of a new type of steel round hopper] // Herald of USURT. № 4 (28). 2015. S. 43–71. ISSN 2079-0392.

*Статья сдана в редакцию 30 октября 2015 года*

# Организация образовательного процесса

УДК 004 + 06

*В. Д. Верескун, В. Л. Самсонов, О. Б. Сухорукова*

## Автоматизация производственных процессов образовательного учреждения: об опыте внедрения программного комплекса «1С Университет ПРОФ»

UDC 004 + 06

*V. D. Vereskun, V. L. Samsonov, O. B. Sukhorukova*

## Automation of business processes of an educational institution: experience of implementation of «1С University PROF» software system

### Аннотация

Рассмотрены особенности внедрения в промышленную эксплуатацию комплексного тиражного продукта «1С: Университет ПРОФ» для автоматизации бизнес-процессов Ростовского государственного университета путей сообщения. На примере модуля «Приемная комиссия» выявлены основные проблемы, возникающие при адаптации типовой конфигурации комплексного тиражного продукта для транспортного железнодорожного вуза, осуществляющего подготовку выпускников различных уровней образования. В частности, рассмотрены вопросы взаимодействия приемных комиссий филиалов и головного вуза, разграничения прав доступа пользователей, особенности реализации возможности приема документов по направлениям подготовки среднего профессионального образования, формирования отчетов, связанных с отраслевой спецификой вуза. Рассмотрена проблема обновлений внедряемого продукта. Предложены варианты решения, обеспечившие успешное внедрение подсистемы при автоматизации работы приемной кампании 2015 г. в головном вузе и филиалах, включая филиалы СПО.

**Ключевые слова:** «1С», автоматизация образовательных бизнес-процессов, «1С: Университет ПРОФ», приемная комиссия.

DOI:10.20291/2079-0392-2016-1-78-85

### Summary

The specifics of introduction into commercial operation of integrated commercial software product «1С: University Prof» for automation of business processes of Rostov State University of Communications are being considered. By the example of «Admission Committee» module, the main issues are identified that arise in the course of adaptation of an integrated commercial software product in standard configuration to a railway transport university that offers various levels of education programs. In particular, interaction between the admission committees of the head university and its branches, differentiation of user access rights, specifics of implementation of the possibility of receiving the documents for intermediate vocational education programs, generation of reports related to industry specifics of the university have been considered. The issue of updates of the introduced product has been considered. Various solution options have been offered supporting successful implementation of the subsystem as a part of automation of the work of the admission campaign 2015 at the head university and its branches, including SPO branches.

**Keywords:** «1С», automation of education business processes, «1С: University PROF», admission committee.

DOI:10.20291/2079-0392-2016-1-78-85

**Владимир Дмитриевич Верескун**, д-р техн. наук, профессор; ректор Ростовского государственного университета путей сообщения; Ростов-на-Дону, Россия. E-mail: vvd@rgups.ru.

**Владимир Леонидович Самсонов**, аспирант; кафедра «Автоматика и телемеханика на железнодорожном транспорте» Ростовского государственного университета путей сообщения; Ростов-на-Дону, Россия. E-mail: sem@rgups.ru.

**Ольга Борисовна Сухорукова**, канд. техн. наук, доцент; кафедра «Высшая математика» Ростовского государственного университета путей сообщения; Ростов-на-Дону, Россия. E-mail: bs@rgups.ru.

**Vladimir Dmitrievich Vereskun**, DSc in Engineering, Professor; Rector of Rostov State University of Railway Transport; Rostov-on-Don, Russia. E-mail: vvd@rgups.ru.

**Vladimir Leonidovich Samsonov**, PhD student; Railway Transport Automation and Remote Control Department, Rostov State University of Railway Transport; Rostov-on-Don, Russia. E-mail: sem@rgups.ru.

**Olga Borisovna Sukhorukova**, PhD in Engineering, Associate Professor; Higher Mathematics Department, Rostov State University of Railway Transport; Rostov-on-Don, Russia. E-mail: bs@rgups.ru.

## Введение

Деятельность любого вуза трудно представить без автоматизации работы его бизнес-процессов, связанных с организацией образовательной и хозяйственной деятельности. В Ростовском государственном университете путей сообщения до 2014 года функционировало собственное комплексное решение, обеспечивающее информационное сопровождение деятельности такого рода и включающее следующие основные блоки:

- «Приемная комиссия»;
- «Управление персоналом» (подсистемы «Контингент студентов», «Кадры сотрудников», «Выпускники»);
- «Учебно-методическое управление» (подсистемы «Учебные планы», «Рабочие учебные планы», «Расчет учебной нагрузки», «Распределение нагрузки на ППС», «Учет учебной нагрузки», «Расписание»);
- «Учебный процесс» (подсистемы «Практика», «Курсовые работы», «ГАК», «Дипломы», «Рабочие программы дисциплин», «Учет посещаемости»);
- «Контроль компетенций» (подсистемы «Сессия», «Тестирование»);
- «Планово-финансовое управление» (подсистема «Оплата обучения»);
- «Статистическая информация и формирование отчетности».

Ввиду высокой динамики изменения законодательства в сфере образования, а также в связи с устаревшим технологическим подходом, на основе которого была разработана автоматизированная система управления, и, как следствие, со сложностью текущего сопровождения, было принято решение о поиске альтернативного продукта на современном рынке программно-обеспечения.

## Анализ применимости «1С: Университет ПРОФ»

### для конкретного предприятия

Компания «СГУ-Инфоком» [1], являясь партнером компании «1С», занимается разработкой и сопровождением (поддержанием соответствия тре-

бованиям федерального законодательства в сфере образования, исправлением ошибок) комплексного тиражного продукта «1С: Университет ПРОФ» [2], разработанного на основе технологической платформы «1С: Предприятие 8.3».

Данный программный продукт представляет собой решение для автоматизации управленческой деятельности в учебных заведениях высшего профессионального образования и позволяет автоматизировать учет, хранение, обработку и анализ информации об основных бизнес-процессах высшего учебного заведения: поступление в вуз, обучение, оплата обучения, выпуск и трудоустройство выпускников, расчет и распределение нагрузки профессорско-преподавательского состава, деятельность деканатов, поддержка ФГОС-3 и уровневой системы подготовки (бакалавр, специалист, магистр) на уровне учебных планов и документов государственного образца об окончании вуза, формирование отчетности.

Разработчики «1С: Университет ПРОФ» обеспечивают платную поддержку и соответствие программного продукта закону 152-ФЗ «О защите персональных данных». Наряду с этим, сама технологическая платформа «1С: Предприятие 8.3» соответствует классу безопасности К1 и может быть использована для работы в аттестованной по этому классу безопасности сети вуза для обмена данными по защищенным каналам с федеральными сервисами (статистика, сведения о приемных кампаниях и т.д.).

Ввиду вышесказанного руководством вуза принято решение о поэтапном переходе на комплексное решение «1С: Университет ПРОФ» на основе составленного и утвержденного плана-графика.

Основные функциональные части решения «1С: Университет ПРОФ» и принцип их взаимодействия показаны на рис. 1.



Рис. 1. Взаимодействие функциональных частей продукта «1С: Университет ПРОФ»

### О некоторых этапах внедрения «1С: Университет ПРОФ», технологических аспектах и решенных задачах

Одним из основных приоритетных направлений деятельности вузов является подготовка специалистов, готовых к работе на производстве по своей специальности. Как известно, подготовка кадров начинается с их приема в вуз. В коробочной версии отраслевого решения «1С: Университет ПРОФ» представлена подсистема «Приемная комиссия», которая дает базовые возможности ведения приемных кампаний и соответствует требованиям федерального законодательства в сфере образования.

Внедрение в промышленную эксплуатацию подсистемы «Приемная комиссия» в университете происходило во время проведения приемной кампании 2015 года.

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС) имеет в своем составе филиалы, производящие подготовку специалистов высшего образования (ВО), а также техникумы, предоставляющие студентам возможность получения среднего профессионального образования (СПО).

На этапе планирования технологии взаимодействия филиалов и головного вуза был решен ряд задач.

Во-первых, всем филиалам предоставлен защищенный привилегированный доступ к единой информационной базе системы «1С: Университет ПРОФ» путем удаленного соединения по технологии «сервер-клиент». Операторы приемных комиссий всех филиалов получили возможность работать с актуальными данными в любой момент времени в общей информационной среде.

Привилегированный доступ на основе групп пользователей, наделенных определенными полномочиями, позволил ограничить действия пользователей приемной комиссии в системе «1С: Университет ПРОФ» и в подсистеме «Приемная комиссия» в частности (рис. 2).

Каждая группа пользователей имеет ограничения не только на выполняемые действия, но и на предоставляемую информацию. Например, операторы приемной комиссии минераловодского филиала РГУПС могут просматривать и производить прием документов абитуриентов только на специальности и направления подготовки, обучение по которым производится в их филиале или в головном вузе (в соответствии с правилами приема 2015 года [3], абитуриенты могут подавать документы в приемной комиссии филиала для обучения в головном вузе). Перечень таких





Рис. 2. Группы пользователей для подсистемы «Приемная комиссия» «1С: Университет ПРОФ»

специальностей и направлений подготовки определен в системе на основании учебных и рабочих планов.

Группа «Оператор, РГУПС» содержит права доступа на объекты системы, необходимые для ввода личной информации об абитуриенте, приема необходимых к поступлению документов и печати набора документов, подписываемых абитуриентом [3].

В группу «Секретариат» входят ответственные работники приемной комиссии, которые имеют наиболее полные права в подсистеме «Приемная комиссия». Например, этой группе предоставлены полномочия на полный просмотр данных, используемых в ходе приема документов. Расширенные права этой группы позволяют производить создание и настройку приемных кампаний, печатать специализированные сводки для внешних мониторингов со стороны федеральных органов по итогам приема.

Во-вторых, реализована возможность приема документов по направлениям подготовки среднего профессионального образования. Нетривиальность решения данной задачи обусловлена тем, что отраслевое решение «1С:

Университет ПРОФ» предназначено для ведения основных бизнес-процессов в высших учебных заведениях и создание приемных кампаний для получения среднего профессионального образования невозможно – система автоматически присваивает параметру «Вид образования» вновь создаваемой приемной кампании значение «Высшее». В связи с этим использование учебных планов для СПО в приемных кампаниях становится невозможным.

Для организации работы приемной комиссии техникума РГУПС в «1С: Университет ПРОФ» принято решение ведения приемной кампании по объектам ВО. В соответствующих учебных планах (рис. 3) в поле вида образования указывалось высшее образование, при этом уровень образования выбран СПО. Данное значение уровня образования не является предопределенным, оно добавлено в справочник, как и направления подготовки для СПО.

Создание приемных кампаний для среднего профессионального образования технологически не отличается от создания кампаний для высшего образования (рис. 4).

Рис. 3. Заполнение «шапки» учебного плана для направления подготовки СПО

Номер	Год поступления	Вид образования	Председатель ...	Начало приемной кампании	Окончание приемной кампании	Комментарий
31.01.2015 10:26:47	2015	Высшее		19.06.2015	11.08.2015	ВО, головной вуз, очная, общие места
02.02.2015 13:14:45	2015	Высшее		01.06.2015	29.08.2015	ВО, головной вуз, заочная, общие места
02.02.2015 16:51:07	2015	Высшее		19.06.2015	11.08.2015	ВО, Мин. Воды, очная
03.02.2015 9:37:52	2015	Высшее		19.06.2015	29.08.2015	ВО, Минеральные Воды, заочная
03.02.2015 10:00:37	2015	Высшее		19.06.2015	11.08.2015	ВО, Туапсе, очная
03.02.2015 10:06:48	2015	Высшее		19.06.2015	29.08.2015	ВО, Туапсе, заочная
03.02.2015 10:22:32	2015	Высшее		20.06.2015	21.08.2015	СПО, Ростов, очное
05.02.2015 9:20:41	2015	Высшее		20.06.2015	28.08.2015	СПО, Ростов, заочное
05.02.2015 9:31:28	2015	Высшее		20.06.2015	21.08.2015	СПО, Туапсе, очное
07.05.2015 18:09:09	2015	Высшее		19.06.2015	27.07.2015	ВО, головной вуз, очная, Крым
08.05.2015 8:39:50	2015	Высшее		01.06.2015	29.08.2015	ВО, головной вуз, заочная, Крым
01.06.2015 14:57:02	2015	Высшее		01.06.2015	31.08.2015	Иностранцы по межправительственным соглашениям

Рис. 4. Общий список созданных в системе приемных кампаний

После создания приемных кампаний (рис. 4) для головного вуза и его филиалов необходимо подготовить для них конкурсные группы с соответствующими наборами вступительных испытаний, при этом указывая соответствующие уровни образования (для среднего профессионального образования – значение СПО). После чего на основе приемных кампаний и конкурсных групп штатными средствами системы «1С: Университет ПРОФ» заполняется план приема абитуриентов.

В связи с отраслевой спецификой вуза первичные отчеты «Заявление абитуриента» и «Согласие на обработку личных данных» переработаны. Разработаны три разных формы заявления абитуриента: для высшего и среднего профессионального образования, а также аспирантуры.

Кроме того, в связи с многоуровневой структурой целевого приема и отсутствием подходящих отчетных форм разработаны ежедневные сводки приема документов (также в трех различных формах) для размещения на официальном сайте образовательной организации (согласно приказу Минобрнауки № 89).

Вышеуказанные отчеты реализованы отдельными внешними обработками

во избежание изменения типовой конфигурации системы «1С: Университет ПРОФ». Такое решение принято для обеспечения выполнения одного из основных требований внедрения.

При внесении изменений в существующий функционал конфигурации (в структуру объектов или программный код) и последующих обновлениях версии конфигурации эти локальные изменения будут перезаписаны. Более того, разработчик продукта в случае его доработки пользователем не гарантирует его стабильную работу и снимает с себя обязательства технической поддержки. Доработка отдельных модулей подсистемы «Приемная комиссия» велась путем переноса модифицируемой формы или отчета во внешнюю обработку или отчет с последующим динамическим подключением к служебным пунктам меню («Дополнительные печатные формы», «Дополнительные обработки»). При обучении пользователей программного продукта акцент делался на работе с внешними отчетами и обработками из дополнительного пункта меню (рис. 5) в качестве альтернативы формирования стандартных отчетов.

На этапе внедрения подсистемы «Приемная комиссия» возникали слож-

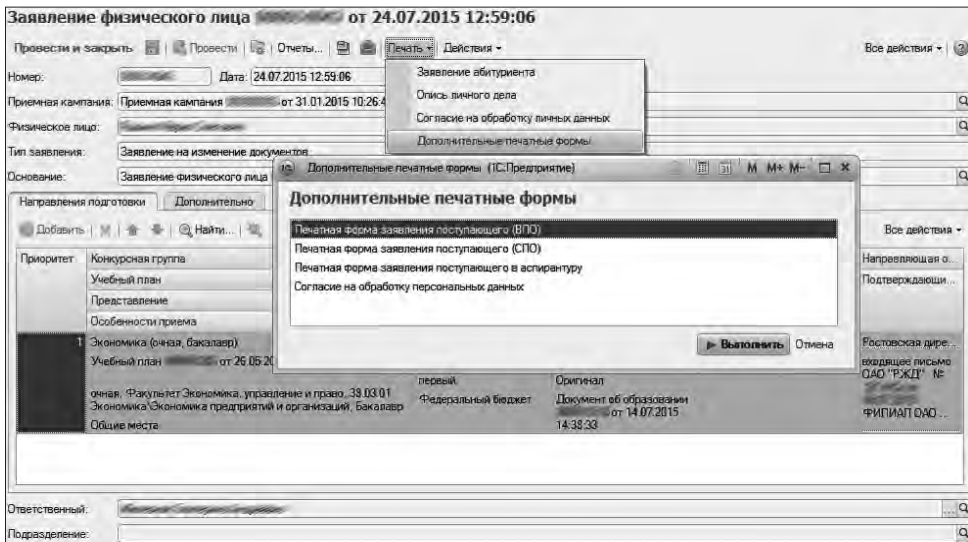


Рис 5. Заявление абитуриента и соответствующие печатные формы

ности и обновления отдельных функциональных частей, и сервисов решения «1С: Университет ПРОФ» со стороны разработчиков системы. Технология, с помощью которой ведется разработка продукта «1С: Университет ПРОФ», не позволяет обновлять динамически различные части системы без обновления всей конфигурации. То есть разработка и применение так называемых патчей (hotfix) авторами продукта «1С: Университет ПРОФ» является также невозможной.

В соответствии с требованиями постановления правительства РФ, вузы обязаны обеспечить предоставление сведений о приеме граждан в образовательные учреждения среднего профессионального и высшего образования (о количестве мест, квотах для приема на обучение, о лицах, подавших заявления, об особых правах, предоставленных поступающим) в федеральную информационную систему (ФИС ГИА и приема) [4].

Взаимодействие такого рода является двусторонним и происходит по соответствующей технологии (API) в XML-формате [5] и с использованием защищенного соединения. В связи с изменениями в структуре и количестве

справочных данных на стороне ФИС ГИА и приема, а также изменениями в регламенте и спецификациях обмена, встроенный модуль обмена в «1С: Университет ПРОФ» требовал периодического динамического обновления со стороны разработчиков системы, вследствие чего был также выделен во внешнюю обработку, которая в дальнейшем и подвергалась многочисленным модификациям.

Ввиду того, что «1С: Университет ПРОФ» является комплексным тиражным продуктом и не учитывает специфику конкретного вуза, а тем более специфику транспортного железнодорожного вуза, при внедрении в промышленную эксплуатацию некоторых подсистем приходилось перерабатывать основные используемые формы отчетности. Некоторые блоки системы «1С: Университет ПРОФ» были частично или полностью неработоспособными. В таких случаях приходилось принимать оперативные решения по самостоятельному исправлению ошибок реализации либо решать проблемы, прибегая к помощи технической поддержки «СГУ-Инфоком». Например, отчет «Мастер списков поступающих» в подсистеме «Приемная комиссия» выводил фатальную

ошибку при попытке запуска под ролью операторов филиалов приемной комиссии либо под любой другой ролью, отличной от административной.

Такого рода проблемы решались в оперативном порядке путем вынесения проблемных отчетов, форм или работок из конфигурации во внешние программные единицы. В частности, проблема с отчетом «Мастер списков поступающих» была связана с отсутствующей конструкцией «Разрешенные», которая используется в языке запросов для выборки только тех записей, на которые у текущего пользователя есть права. Таким образом, для каждой конструкции «Выбрать» сложного составного запроса необходимо было добавить ключевое слово «Разрешенные». На рис. 6 показана часть запроса с использованием описанной конструкции, выбирающая

информацию по вступительным испытаниям за определенный период и для определенной приемной кампании.

Для приемных кампаний по СПО возникла необходимость в модификации условия основного запроса мастера списков поступающих и изменения его макетов. На этапе внедрения подсистемы «Приемная комиссия» был переработан встроенный отчет «Мастер списков поступающих» и получено два новых внешних отчета «Мастер списков поступающих ВО» и «Мастер списков поступающих СПО».

### Заключение

Решение указанных проблем позволило провести успешное внедрение в промышленную эксплуатацию подсистемы «Приемная комиссия» и обеспечить прием абитуриентов на все

```

////////////////////////////////////
ВЫБРАТЬ РАЗРЕШЕННЫЕ РАЗЛИЧНЫЕ
    ВступительныеИспытанияСрезПоследних.Период КАК Период,
    ВступительныеИспытанияСрезПоследних.Регистратор КАК Регистратор,
    ВступительныеИспытанияСрезПоследних.НомерСтроки КАК НомерСтроки,
    ВступительныеИспытанияСрезПоследних.Активность КАК Активность,
    ВступительныеИспытанияСрезПоследних.ПриемнаяКампания КАК ПриемнаяКампания,
    ВступительныеИспытанияСрезПоследних.КонкурснаяГруппа КАК КонкурснаяГруппа,
    ВступительныеИспытанияСрезПоследних.УчебныйПлан КАК УчебныйПлан,
    ДисциплиныСостав.Дисциплина КАК Предмет,
    ВступительныеИспытанияСрезПоследних.ФормаИспытания КАК формаИспытания,
    ВступительныеИспытанияСрезПоследних.Курс КАК Курс,
    ВступительныеИспытанияСрезПоследних.НаборВступительныхИспытаний КАК НаборВступительныхИспытаний,
    ВступительныеИспытанияСрезПоследних.СистемаОценивания КАК СистемаОценивания,
    ВступительныеИспытанияСрезПоследних.МинимальныйБалл КАК МинимальныйБалл,
    ВступительныеИспытанияСрезПоследних.ТипВступительногоИспытания КАК ТипВступительногоИспытания,
    ВступительныеИспытанияСрезПоследних.ПриоритетВступительногоИспытания КАК ПриоритетВступительногоИспытания,
    ВступительныеИспытанияСрезПоследних.МинимальныйБаллДляОлимпиады
ПОМЕСТИТЬ В1_ВступительныеИспытанияСрезПоследних
ИЗ
    РегистрСведений.ВступительныеИспытания.СрезПоследних (4Период, ПриемнаяКампания = 4ПриемнаяКампания)
    КАК ВступительныеИспытанияСрезПоследних
ВНУТРЕННЕЕ СОЕДИНЕНИЕ Справочник.Дисциплины.Состав
    КАК ДисциплиныСостав ПО ВступительныеИспытанияСрезПоследних.Предмет = ДисциплиныСостав.Ссылка

ОБЪЕДИНИТЬ ВСЕ

ВЫБРАТЬ
    ВступительныеИспытанияСрезПоследних.Период,
    ВступительныеИспытанияСрезПоследних.Регистратор,
    ВступительныеИспытанияСрезПоследних.НомерСтроки,
    ВступительныеИспытанияСрезПоследних.Активность,
    ВступительныеИспытанияСрезПоследних.ПриемнаяКампания,
    ВступительныеИспытанияСрезПоследних.КонкурснаяГруппа,
    ВступительныеИспытанияСрезПоследних.УчебныйПлан,
    ВступительныеИспытанияСрезПоследних.Предмет,
    ВступительныеИспытанияСрезПоследних.ФормаИспытания,
    ВступительныеИспытанияСрезПоследних.Курс,
    ВступительныеИспытанияСрезПоследних.НаборВступительныхИспытаний,
    ВступительныеИспытанияСрезПоследних.СистемаОценивания,
    ВступительныеИспытанияСрезПоследних.МинимальныйБалл,
    ВступительныеИспытанияСрезПоследних.ТипВступительногоИспытания,
    ВступительныеИспытанияСрезПоследних.ПриоритетВступительногоИспытания,
    ВступительныеИспытанияСрезПоследних.МинимальныйБаллДляОлимпиады
ИЗ
    РегистрСведений.ВступительныеИспытания.СрезПоследних (4Период, ПриемнаяКампания = 4ПриемнаяКампания)
    КАК ВступительныеИспытанияСрезПоследних
;
    
```

Рис. 6. Фрагмент запроса на языке запросов 1С



специальности и направления подготовки для получения высшего и среднего профессионального образования. Кроме того, автоматизация приема абитуриентов для подготовки по образовательным программам высшего образования – программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре также осуществлена с использованием системы «1С: Университет ПРОФ».

На сегодняшний день в промышленную эксплуатацию введены такие подсистемы «1С: Университет ПРОФ», как «Управление студенческим составом», «Назначение и выплата стипендии»,

«Оплата общежития и ведение жилого фонда общежития», «Приемная комиссия». В опытную эксплуатацию внедрена подсистема «Оплата обучения», в ближайшем времени планируется ввод в эксплуатацию комплекса для работы Учебно-методического управления. Помимо решения «1С: Университет ПРОФ» в Ростовском государственном университете путей сообщения также функционируют такие программные продукты фирмы 1С, как «1С: Бухгалтерия государственного учреждения» и «1С: Зарплата и кадры бюджетного учреждения». ■

#### Литература

1. О компании «СГУ-Инфоком». <http://sgu-infocom.ru/> (дата обращения: 11.01.2013).
2. Отраслевые и специализированные решения 1С: Предприятие. 1С: Университет ПРОФ. URL: <http://solutions.1c.ru/catalog/university-prof/features> (дата обращения: 01.12.2015).
3. Правила приема в ФГБОУ ВПО РГУПС на обучение по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалиста, программам магистратуры. URL: [http://abit.rgups.ru/upload/files/Pravila\\_priema\\_rgups\\_13.11.2015.pdf](http://abit.rgups.ru/upload/files/Pravila_priema_rgups_13.11.2015.pdf) (дата обращения: 02.12.2015).
4. Письмо Рособнадзора от 15.05.2013 № 03-27. URL: <http://priem.edu.ru/Document.aspx?id=292227656447> (дата обращения: 01.12.2015).
5. Руководство пользователя ФИС ГИА и приема v 4.0.2. URL: <http://priem.edu.ru/Document.aspx?id=292319931135> (дата обращения: 03.12.2015).
6. 1С: Предприятие 8.2. Руководство разработчика. М. : ООО «1С», 2011. 2-е изд. С. 470–472.

#### References

1. Infokom. <http://sgu-infocom.ru/> (date accessed: 11.01.2013).
2. Otrasleye i spetsializirovannye resheniya 1S: Predpriyatie. 1S: Universitet PROF. URL: <http://solutions.1c.ru/catalog/university-prof/features> [Special-purpose and customized 1C solutions: Enterprise. 1C: PROF University.] (date accessed: 01.12.2015).
3. Pravila priema v FGBOU VPO RGUPS na obuchenie po obrazovatelnyh programmam vysshego obrazovaniya – programmam bakalavriata, programmam spetsialista, programmam magistratury. [Rules of admission to FGBOU VPO RGUPS for higher education programs – Bachelor, Specialist, Master programs.] URL: [http://abit.rgups.ru/upload/files/Pravila\\_priema\\_rgups\\_13.11.2015.pdf](http://abit.rgups.ru/upload/files/Pravila_priema_rgups_13.11.2015.pdf) (date accessed: 02.12.2015).
4. Rosobrnadzor Letter dated 15.05.2013 № 03-27. URL: <http://priem.edu.ru/Document.aspx?id=292227656447> (date accessed: 01.12.2015).
5. Rukovodstvo polzovatelya FIS GIA i priema v 4.0.2. [FIS GIA and admission user guide, v 4.0.2.] URL: <http://priem.edu.ru/Document.aspx?id=292319931135> (date accessed: 03.12.2015).
6. 1S: Predpriyatie 8.2. Rukovodstvo razrabotchika. [1C: Enterprise 8.2. Developer's Guide.] M. : ООО «1S», 2011. 2-e izd. S. 470–472.

*Статья сдана в редакцию 13 февраля 2016 года*

# История и современность

УДК 343.92

К. В. Корсаков

## Городское пространство в ракурсе уголовно-правовой науки

UDC 343.92

K. V. Korsakov

## Urban space in criminal sciences perspective

### Аннотация

Статья посвящена относительно новому и довольно перспективному научно-исследовательскому и прикладному направлению в современной науке о преступности и ее причинах – архитектурной криминологии (криминологии городского пространства). Проанализированы предпосылки зарождения и концептуальные истоки данного направления современной криминологической мысли, его основополагающие идеи и эмпирические наработки, которые составили как теоретическую, так и методологическую основу указанного направления.

Большой вклад в развитие архитектурной криминологии внесли разработка и применение научно-исследовательской модели концентрических зон, с помощью которой группами

американских ученых выявлялась социальная неоднородность урбанистической среды, и предложенная ими же особая классификация городских районов по такому критерию как их криминогенность.

Имеющиеся данные указывают, что неосвещенность городских улиц, дворовых территорий и подъездов, отсутствие входных дверей с кодовыми замками и домофонной связи в домах, видеонаблюдения в общественных местах, наличие глухих зон, пустырей, арок, длинных подземных переходов, тоннелей, заброшенных неоконченныхстроек, свалок, помоек, старых, опустевших и неснесенных зданий, открытых подвалов и незапертых чердаков значительно повышает количество насильственных, корыстных и корыстно-насильственных преступлений

в отношении городских жителей. Особо подчеркивается, что в России в настоящее время примерно 72% от всех преступлений совершается именно в городах, из которых около 38% преступлений совершаются в крупных административных центрах (Кемерово, Пермь, Тюмень, Кызыл, Курган, Иркутск, Екатеринбург, Челябинск).

В статье выделяются превалярующие детерминанты и основные факторы современной нам городской (в том числе уличной) преступности, тесно связанные как с особенностями городского пространства и образа жизни жителей мегаполисов и городов, так и активно продолжающимся процессом урбанизации и роста городского населения в целом. Научно обосновывается и аргументируется необходимость проведения

Константин Викторович Корсаков, канд. юрид. наук, доцент; Институт философии и права Уральского отделения Российской академии наук; Екатеринбург, Россия. E-mail: korsakovekb@yandex.ru.

Статья подготовлена в рамках программы фундаментальных исследований УрО РАН «Социально-политические и правовые регуляторы современного общества», проект № 15-19-6-6 «Трансформация морально-политических и правовых регуляторов современного общества: взаимодействие национального и глобального пространств».

Konstantin Viktorovich Korsakov, PhD in Law, Associate Professor; Institute of Philosophy and Law, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences; Ekaterinburg, Russia. E-mail: korsakovekb@yandex.ru.

This article was prepared as a part of the basic research program of UB RAS «Socio-political and legal controls in a modern society», project № 15-19-6-6 «Transformation of moral, political and legal controls of a modern society: the interaction of national and global spaces».



в больших российских городах криминологической экспертизы как городской территории (отдельных застроенных кварталов и районов города, а также придомовых участков и различных городских зон), так и архитектурно-строительных проектов – документации, которая необходима для возведения или реконструкции жилых домов и нежилых зданий и сооружений в городах.

**Ключевые слова:** криминология, детерминанты преступности, профилактика преступлений, преступность в городах, архитектура, визуальная среда, правонарушающее поведение.

DOI:10.20291/2079-0392-2016-1-86-93

#### Summary

The article is dedicated to the relatively new and quite promising area of science and applied research related to modern studies of crime and its causes – architectural criminology (urban space criminology). The background of origins and conceptual sources of this trend in modern criminological science, its basic ideas and empirical deve-

lopments that formed both theoretical and methodological foundation of this trend have been analyzed.

A great contribution to the development of architectural criminology was made by the creation and application of research model of concentric zones, employed by American scientists to identify social heterogeneity of the urban environment, as well as their special classification of urban areas by such criteria as criminality.

The available data indicate that unlit city streets, yards and porches, absence of door code locks and intercoms in homes, video surveillance in public places, presence of blind alleys, waste grounds, arches, long underground passages, tunnels, abandoned unfinished construction sites, landfills, garbage dumps, old, deserted and undemolished buildings, open access to basements and attics significantly increases the number of violent, acquisitive and violent-acquisitive crimes in relation to urban residents. It is emphasized that today in Russia about 72% of all crimes are committed in the cities, of which about 38% of

crimes are committed in large administrative centers (Kemerovo, Perm, Tyumen, Kyzyl, Kurgan, Irkutsk, Ekaterinburg, Chelyabinsk).

The article highlights the prevailing determinants and key factors of contemporary urban (including street) crime, closely related to both characteristics of urban space and lifestyle of residents of cities and towns, as well as the active ongoing urbanization and the growth of urban population as a whole. The need to carry out criminological review both of urban areas (including separate neighborhoods and city districts as well as areas adjoining buildings and various urban areas) and architectural and construction projects in major Russian cities has been argued and scientifically justified; the resulting documentation would be helpful in the construction or reconstruction of houses and non-residential buildings in cities.

**Keywords:** criminology, determinants of crime, crime prevention, crime in the cities, architecture, visual environment, infringing conduct.

DOI:10.20291/2079-0392-2016-1-86-93

В последние годы предмет криминологической науки значительно расширился за счет включения в него новых фрагментов и аспектов социальной реальности и общественных отношений, существенно обогатились и понятийно-категориальный аппарат и терминология отечественной криминологии [6, 7], а структура криминологического знания пополнилась новыми подотраслями и субинститутами – криминофамилистикой, террорологией, криминопенологией, этнокриминологией, криминотеологией и многими другими [8].

К классу относительно новых и перспективных направлений, течений

и частных концепций в современной отечественной науке криминологии следует отнести бурно развивающуюся в настоящее время подотрасль знания о преступном поведении – архитектурную криминологию, также известную как криминология городского пространства. Ее доктринально-теоретический базис основывается на распространеннейшей среди ученых-криминологов идее о значительном влиянии архитектурного облика современных городов и мегаполисов на преступность.

Специалистами в сфере девиантологии и криминологии, занимающимися сегодня эмпирическими исследованиями в разных странах мира, было

обращено внимание на то, что очень плотная (т. н. точечная) застройка, обилие высотных многоэтажных домов, однотипная и однотонная визуальная городская среда и другие следствия урбанизации и индустриализации являются не только одними из источников депрессии, затяжной хандры и продолжительного стресса, но и часто приводят городских жителей к совершению противоправных актов.

Засилье унылых, серых и однообразных промышленных микрорайонов, индустриальных пейзажей, тесных и душных городских кварталов с домами-высотками из стекла и бетона, называемых в странах Запада «асфальтовыми джунглями», отсутствие парков, скверов, рекреационных зон, насаждений и растительности, бешеный повседневный ритм большого города, дорожные пробки, смог и перенаселенность городов также оказывают неблагоприятное, травмирующее воздействие на сознание и психику современного человека. Именно поэтому, как отмечают многие современные ученые-криминологи, жители больших городов более вспыльчивы, раздражительны, агрессивны, эмоционально неустойчивы и неуравновешенны, нежели люди, проживающие в тихой сельской местности.

На влияние архитектуры, городской атмосферы и среды обитания на психологию преступника было указано еще классиками русской литературы XIX столетия; так, например, Ф. М. Достоевский подробно описывает старые петербургские дворы, дома, окрашенные в декадентский грязно-желтый цвет («болезненный цвет», цвет обреченности, усталости, упадка), скудную «полуподвальную» среду обитания героя своего бессмертного романа – «Преступление и наказание» – Родиона Раскольникова.

Художественные приемы подобного рода часто можно встретить и в творческих продуктах нашего времени, в частности, в криминальных триллерах и драмах, а равно кинофильмах жанра «черный нуар» и «неонуар» (например,

герои снятого по роману «Капитаны пещера» Жоржи Амаду некогда полюбившего советскому зрителю фильма «Генералы песчаных карьеров» действуют на фоне свалок, помоек и нищих кварталов бразильского мегаполиса вроде Сан-Паулу, а серийный убийца-психопат и насильник, выросший в застойной и уродливой атмосфере беспросветности, невежества, духовной нищеты и убожества, из резонансной киноленты «Груз 200» российского режиссера Алексея Балабанова совершает свои жестокие преступления на фоне «картин и зарисовок» промышленных металлургических гигантов типичного советского райцентра вроде Череповца Вологодской области).

Известный английский дизайнер и художник Пол Ноубл высказался по поводу воздействия архитектуры городских зданий и сооружений на жителей городов так: «Как архитекторы мы формируем поведение людей в будущем посредством создаваемой нами среды» [1].

Зарубежными криминологами уже давно был зафиксирован факт, что узкие улицы, закоулки, подвалы, подворотни, тоннели, наличие так называемых городских гетто – неблагополучных микрорайонов и кварталов, населенных маргиналами и криминогенным контингентом (к таковым, например, относятся Гарлем и Южный Бронкс в крупнейшем городе США – Нью-Йорке), сложность и замысловатость застройки позволяют многим преступникам легко уходить от полицейского преследования и долгое время скрываться от правосудия и органов правопорядка (в особенности в настоящее время это характерно для мегаполисов и городов-миллионников восточноазиатских стран – Калькутты, Сингапура, Джакарты, Бангкока, Бомбея, Шанхая, Пекина и др.).

Нельзя не отметить, что ощутимый вклад в развитие архитектурной криминологии как отрасли криминологического знания внесли американские исследователи первой половины XX столетия, представляющие знаменитую чикагскую социологическую школу,

известную в научной литературе как экологическая школа в социологии.

Городская среда рассматривалась ее основателями в виде некоего живого социального организма, внутри которого человек взаимодействует с окружающей его природой. Данная школа возникла на базе первого в Северной Америке Департамента социологии, образованного в 1892 году в Чикаго. Во времена Великой депрессии и «сухого закона», повлекших широко известное явление бутлегерства (20–30-е гг. XX в.) во многих североамериканских мегаполисах (Чикаго, Нью-Йорк, Бостон, Лос-Анджелес, Филадельфия, Хьюстон, Детройт и др.) наблюдался резкий рост уровня городской корыстной и насильственной преступности [2].

Данная проблема не могла не обратить на себя исследовательское внимание американских ученых-социологов и криминологов. В 20-х гг. прошлого столетия знаменитые социологи Роберт Эзра Парк (1864–1944), Эрнест Ватсон Бёрджесс (1886–1966), Родерик Дункан Маккензи (1885–1940), написавшие в 1925 г. очень популярную и сейчас в Северной Америке и Западной Европе книгу «Город», и примкнувшие к их научному лагерю исследователи Генри МакКей и Клиффорд Шоу тщательно изучили городское пространство, этос большого города и закономерности жизни людей в мегаполисах [11].

Используя инновационную для того времени исследовательскую модель «концентрических зон», с помощью которой ими выявлялась социальная неоднородность урбанистической среды, ученые разработали особую классификацию городских районов. В рамках нее они выделили следующие секторы.

Первый – торгово-промышленный и туристический центр города; второй – пространство, в котором прежде находились жилые дома, постепенно потесненные малыми и средними коммерческими и некоммерческими предприятиями (зона небольших магазинов, мелких лавок, офисов и контор, многоквартирных домов, питейных и развлекательных

заведений); третий – территория крупных промышленных объектов и жилых кварталов, в которых живут рабочие и «синие воротнички», клерки – мелкие государственные и муниципальные служащие; четвертый – «беловоротничковая», или коттеджная зона – участок преимущественного проживания представителей среднего и высшего классов; пятый – предместья, слободки и поселки, откуда малообеспеченные горожане каждый день добираются на транспорте к месту работы в центральную часть города.

Применяя данную классификацию, американские ученые-социологи изучили преступность городов и городских агломераций и пришли к следующим небезынтересным выводам. В центральной и примыкающих к ней частях города, в которой находятся торговые, офисные и банковские здания и сооружения, совершается наибольшее количество правонарушений.

По мере удаления от городского центра и промышленно развитых районов число правонарушений начинает уменьшаться. Самая низкая преступность фиксируется в жилых городских кварталах (в спальнях районах), за исключением городских «гетто» и районов, населенных малоимущими слоями населения, этническими группами иммигрантов и гастарбайтеров. Преступления корыстной направленности, относящиеся к категории небольшой тяжести, нередко совершаются неподалеку от места жительства самих делинквентов, однако насильственные преступные деяния, тяжкие и особо тяжкие корыстные и корыстно-насильственные преступления преступники преимущественно совершают в отдалении от мест своего проживания [4].

В скрижали истории мирового криминологического знания попал следующий примечательный случай. В середине XIX столетия в одном из небольших микрорайонов Лондона – Стоунбридже, который изобилует разными проулками, подворотнями, проходными дворами, тоннелями, подземными

переходами, подвалами, пустующими зданиями и брошенными домами, тушиками и труднодоступными неконтролируемыми зонами, регулярно совершались как насильственные, так и корыстные преступные посягательства. Никакие используемые городской полицией меры (рейды, облавы, патрулирование, обыски, слежки и т. д.) не помогали решить эту проблему, и тогда местная администрация приняла решение о сносе большинства зданий этого квартала, кардинальной его перепланировке и отселении жителей в другие районы города. После реализации этого решения лондонского муниципалитета уровень преступности в этом микрорайоне, как и в самом городе в целом, существенно сократился [3].

Во многих западноевропейских государствах, в частности в Нидерландах, Дании, Норвегии и Бельгии, работающие круглосуточно развлекательные и питейные заведения, ночные клубы и публичные дома (в странах, где проституция легализована) сознательно располагаются не на окраинах, а в самом центре городов прямо напротив полицейских участков, чтобы подвыпившие граждане и дебоширы после выхода из них сразу оказывались в поле зрения сотрудников специальных патрульных служб.

Занимающиеся постоянным мониторингом криминальной ситуации в Российской Федерации эксперты-криминологи зафиксировали, что отсутствие освещения на городских улицах в темное время суток, дверей с электронными замками и домофонами в подъездах и в квартирах, средств видеофиксации уличных правонарушений, а равно наличие плохо контролируемых и безлюдных территорий в черте городов (вроде многокилометровых Битцевского и Лосиноостровского парков в Москве, в которых серийные убийцы и сексуальные маньяки неоднократно совершали изнасилования и убивали своих жертв), тещоб, длинных подземных тоннелей и переходов, пустырей, незакрытых на ключ чердаков и подвалов значительно

увеличивают число преступных посягательств, совершаемых в отношении городских жителей, в особенности в таких мегаполисах и крупных российских городах, как Кемерово, Пермь, Тюмень, Кызыл, Курган, Иркутск, Екатеринбург [5].

Отсутствие надлежащей охраны городских зданий, построек и сооружений, в которых хранятся деньги, ценные бумаги, материальные ценности, предметы роскоши и дорогостоящие вещи, также выступает условием городской преступности и во многом способствует криминальной активности. Как верно заметил по этому поводу в XVII столетии знаменитый английский мыслитель Фрэнсис Бэкон, «возможность украсть создает вора».

Современные представители архитектурной криминологии установили, что чем выше этажность высотного дома, тем больше в нем совершается преступлений. Причем немалое число нападений на жильцов многоэтажных домов и небоскребов совершается на лестничных клетках и в лифтах, поэтому специалисты настоятельно рекомендуют производить створки лифтов из прозрачных материалов (прочное стекло или пластмасса), устанавливать камеры видеонаблюдения и средства экстренной связи у подъездов, в парадных, на лестничных клетках и в самих лифтах. Большое количество актов криминального насилия (драк, потасовок, нанесения увечий и травм на почве ссор и конфликтов, личного неприязненного отношения и ксенофобии) и краж совершается в вагонах городского метро и пригородных электричках [9, 10], поэтому объекты городского и междугородного транспорта должны регулярно патрулироваться и обходиться сотрудниками полиции и работниками частных охранных структур.

В замкнутых загородных жилых зонах коттеджного типа, как и в сельской местности, где все жители хорошо знают друг друга, появление незнакомого, чужого, постороннего человека всегда заметно, поэтому преступники зачастую

избегают этих жилых комплексов (ученые-криминологи из разных стран мира советуют располагать дома в таких небольших населенных пунктах так, чтобы входные двери и окна были хорошо видны соседям). Часто жители коттеджных поселков совместно организуют и вскладчину оплачивают круглосуточную охрану территории своего поселка или же сами поочередно охраняют соответствующую местность.

В многоэтажных домах больших городов соседи довольно часто меняются, нередко они вообще не знакомы, не знают друг друга или же не общаются между собой (не случайно так называемые «новостройки», в которых жильцы еще не успели познакомиться со своими соседями и не укрепили защитными приспособлениями двери и окна, стали в России излюбленным объектом промысла для квартирных воров-домушников), поэтому сегодня часто проходят целые недели, прежде чем в квартирах таких домов специальными и уполномоченными государственными и муниципальными службами будут обнаружены убитые, погибшие вследствие несчастных случаев или умершие одиноко проживающие люди.

Другая актуальная проблема архитектурной криминологии связана с плохой экологией больших городов и достижениями современной науки и техники, улучшившими быт человека. Научно доказано, что обилие электрических приборов и оборудования в современных городских жилищах приводит к образованию так называемого электросмога – сильного электромагнитного поля. В результате его образования в городских квартирах и офисных помещениях скапливается большая масса положительных аэроионов, а недостаток отрицательных аэроионов приводит жителей современных городов к хронической усталости, хандре, сплину, раздражительности, продолжительному стрессу, ангедонии, проявлениям агрессивности и деструктивного поведения.

Ученые-медики и биохимики не раз указывали, что такой тяжелый металл,

как свинец оказывает разрушительное воздействие на человеческий мозг. Вслед за ними американские и европейские ученые-криминологи начали небезосновательно связывать процессы криминализации личности с чрезмерными выбросами свинца в атмосферу. Причем, по их мнению, даже незначительное повышение уровня свинца в организме способно превратить обычного, спокойного и уравновешенного человека, в особенности находящегося в пубертатном несовершеннолетнем или же престарелом возрасте, во вспыльчивого, конфликтного, раздражительного, озлобленного и агрессивного.

Наиболее опасным источником свинцовых загрязнений являются выхлопные газы автомобилей, особенно сконцентрированные в индустриально развитых городах и мегаполисах и часто часами простаивающие в дорожных заторах. Выбрасываемый из глушителей таких автомашин свинец осаждается на земле и постепенно скапливается в почве и воде, отравляя растения, животных и людей.

Специалисты, ведущие в настоящее время исследования в области архитектурной криминологии, также часто указывают, что другое следствие урбанизации, скопления и скученности большого количества людей, транспортных средств и промышленных объектов в одном месте – сильный индустриальный шум – приводит к энергетическому дисбалансу, негативным изменениям в психике человека и появлению затяжного депрессионного состояния, которое потворствует и значительно способствует совершению противоправных действий.

Современные разработки представителей архитектурной криминологии указывают на необходимость проведения в больших городах криминологической экспертизы как городской территории (отдельных застроенных кварталов и районов, а также придомовых участков и различных городских зон), так и архитектурно-строительных проектов – документации, которая



необходима для возведения или реконструкции жилых домов и нежилых зданий и сооружений в городах.

Проверка экспертами и авторитетными специалистами в области архитектурной криминологии соответствующих объектов на предмет их криминогенности и криминального потенциала существенно поможет предупреждению городской преступности и приведет к снижению уровня преступности в городах.

Крупные российские мегаполисы, экономически и индустриально развитые города-миллионники, например, Москва, Санкт-Петербург, Новосибирск, Екатеринбург, Нижний Новгород и Казань вполне могут стать первыми в России населенными пунктами, где на муниципальном уровне будет закреплена и внедрена в практику криминологическая экспертиза городского пространства. ■

#### Литература

1. Голд Д. Психология и география: основы поведенческой географии. М., 1990. С. 260. ISBN 5-01-001624-9.
2. Джекобс Д. Смерть и жизнь больших американских городов. М., 2011. С. 26. ISBN 978-5-98379-149-7.
3. Иншаков С. М. Зарубежная криминология: учебное пособие для вузов. М., 2003. С. 213. ISBN 5-89123-099-2.
4. Козаченко И. Я., Корсаков К. В. Криминология : учебник. М., 2011. С. 21. ISBN 978-5-91768-209-9.
5. Корсаков К. В. Адекватность и соразмерность превенции – залог эффективности борьбы с современной организованной преступностью // Правоохранительные органы: теория и практика. 2015. № 1. С. 19. ISSN 1995-4700.
6. Корсаков К. В. Концепт эквивалентности как связующее звено между идеей социальной справедливости и институтом уголовного наказания // Вестник УрГУПС. 2015. № 1. С. 50. ISSN 2079-0392.
7. Корсаков К. В. Концепты, категории и понятия современной науки о преступном поведении // Вестник Уральского юридического института МВД России. 2015. № 1. С. 25. ISSN 2312-5640.
8. Корсаков К. В. Модель возмездия в контексте проблемы объекта и предмета криминологической науки // Вопросы юриспруденции. 2005. № 2. С. 199. ISSN 2071-3798.
9. Корсаков К. В. Предупреждение преступных деяний корыстной направленности на железнодорожном транспорте в Российской Федерации // Вестник УрГУПС. 2011. № 4. С. 51. ISSN 2079-0392.
10. Корсаков К. В., Щелконогова Е. В. Виктимологическая профилактика преступлений, совершаемых на транспорте в условиях предкриминальных ситуаций // Вестник УрГУПС. 2012. № 3. С. 70. ISSN 2079-0392.
11. Парк Р. Избранные очерки : сборник переводов. М., 2011. С. 94. ISBN 978-5-248-00602-1.

#### References

1. Gold D. Psikhologiya i geografiya: osnovy povedencheskoy geografii. [Psychology and geography: fundamentals of behavioral geography.] M., 1990. S. 260. ISBN 5-01-001624-9.
2. Jacobs D. Smert i zhizn bolshikh amerikanskikh gorodov. [Death and life of great American cities.] M., 2011. S. 26. ISBN 978-5-98379-149-7.
3. Inshakov S. M. Zarubezhnaya kriminologiya: uchebnoe posobie dlya vuzov. [International criminology: a textbook for universities.] M., 2003. S. 213. ISBN 5-89123-099-2.
4. Kozachenko I. Ya., Korsakov K. V. Kriminologiya : uchebnik. [Criminology: textbook.] M., 2011. S. 21. ISBN 978-5-91768-209-9.
5. Korsakov K. V. Adekvatnost i sorazmernost preventsii – zalog effektivnosti borby s sovremennoy organizovannoy prestupnostyu [Adequacy and proportionality of prevention – the key to the fight against the modern organized crime] // Pravookhranitelnye organy: teoriya i praktika. 2015. № 1. S. 19. ISSN 1995-4700.
6. Korsakov K. V. Kontsept ekvivalentnosti kak svyazuyushee zveno mezhdru ideey sotsialnoy spravedlivosti i institutom ugovolnogo nakazaniya [The concept of equivalence as a link



- between the idea of social justice and the institution of criminal penalties] // Herald of USURT. 2015. № 1. S. 50. ISSN 2079-0392.
7. Korsakov K.V. Kontsepty, kategorii i ponyatiya sovremennoy nauki o prestupnom povedenii [Concepts, categories and ideas of the modern science of criminal behavior] // Vestnik Uralskogo yuridicheskogo instituta MVD Rossii. 2015. № 1. S. 25. ISSN 2312-5640.
  8. Korsakov K.V. Model vozmezdiya v kontekste problemy obyekta i predmeta kriminologicheskoy nauki [Retribution model in the context of the problems of object and subject of the criminological science] // Voprosy yurisprudentsii. 2005. № 2. S. 199. ISSN 2071-3798.
  9. Korsakov K.V. Preduprezhdenie prestupnykh deyanii korystnoy napravlenosti na zheleznodorozhnom transporte v Rossiyskoy Federatsii [Prevention of acquisitive criminal acts in railway sector in the Russian Federation] // Herald of USURT. 2011. № 4. S. 51. ISSN 2079-0392.
  10. Korsakov K.V., Schelkonogova E.V. Viktimologicheskaya profilaktika prestupleniy, sovershaemykh na transporte v usloviyakh predkriminalnykh situatsiy [Victimological prevention of crimes committed on transport at pre-criminal situations] // Herald of USURT. 2012. № 3. S. 70. ISSN 2079-0392.
  11. Park R. Izbrannyye ocherki : sbornik perevodov. [Selected essays: a collection of translations.] M., 2011. S. 94. ISBN 978-5-248-00602-1.

*Статья сдана в редакцию 27 января 2016 года*

А. В. Кутищев

## Образ войны в культуре Нового времени

A. V. Kutishchev

## Image of war in the culture of the New time

### Аннотация

В статье представлен авторский взгляд на войну и военное дело эпохи Нового времени как на культурно-цивилизационное формообразование. Исследование построено на историческом сравнении самобытных культурно-ментальных образов войны в отечественной и западноевропейской традициях. Автор рассуждает над ментальными, духовно-религиозными и морально-нравственными сторонами сложного противоречивого образа войны эпохи Петра Великого и Людовика XIV.

Для образа войны, сложившегося в западноевропейском обществе, была характерна ярко выраженная сословная дифференциация. В русском, слабо социально структурированном обществе, сформировался общесословный культурно-ментальный образ войны. Этому способствовало и то, что тяготы войны ложились на плечи всех сословий русского общества.

Для европейской традиции характерна элитарная рафинированная и профессионально-утилитарная культура войны.

В отечественной традиции образ войны запечатлен как антипод вечных ценностей. Образ войны отражает горе, страдания, разруху и смерть. Между миром и войной как цивилизационными формообразованиями лежит резкая нравственная и ментальная грань, выход за которую сопровождается глубокими переживаниями, духовными терзаниями и общественным осуждением.

**Ключевые слова:** войны эпохи Нового времени, культурно-ментальные образы войны, религия и война, мораль и война, дворянство, как военное сословие, военная этика барокко, «война в кружевах», честь и слава как этические императивы, русское служилое сословие, служебный долг и ратная повинность, ратные трудности и лишения, жестокость и варварство войны.

DOI:10.20291/2079-0392-2016-1-94-105

### Summary

The article presents the author's view on the war and military art of the New Time epoch as cultural and civilizational entities. The study is based on a historical comparison of original cultural and mental images of war in Russian and Western European traditions. The author discusses mental, spiritual, religious, moral and ethical aspects of the complex contradictory image of war during the epoch of Peter the Great, and Louis XIV.

The image of war developed in Western European society was characterized by a pronounced social class differentiation. In the Russian poorly socially structured society, a cultural and mental image of war common for all classes was formed. This was facilitated by the fact that the burden of war fell on the shoulders of all classes of Russian society.

The European tradition is characterized by elitist, refined, professional and utilitarian culture of war.

In the Russian tradition, the image of war is embodied as the opposite of eternal values. The image of war reflects sorrow, suffering, destruction and death. Between such civilizational entities as war and peace, there is a sharp moral and mental boundary, and going beyond it is accompanied by profound affections, spiritual torments and public condemnation.

**Keywords:** wars of the New Time era, cultural and mental images of war, religion and war, morality and war, nobility as a military class, Baroque military ethics, «the war in lace», honor and glory as ethical imperatives, Russian service class, service duty and military obligation, military difficulties and hardships, cruelty and barbarity of war.

DOI:10.20291/2079-0392-2016-1-94-105

Александр Васильевич Кутищев, канд. ист. наук, доцент; кафедра истории и философии Уральского государственного университета путей сообщения; Екатеринбург, Россия. E-mail: kutishhev@yandex.ru.

Aleksandr Vasilievich Kutishchev, PhD in History, Associate Professor; Philosophy and History Department, Ural State University of Railway Transport; Ekaterinburg, Russia. E-mail: kutishhev@yandex.ru.

События, которыми наполнено современное геополитическое пространство, заставляют здравомыслящих людей задуматься об общей судьбе человечества. Многочисленные межконфессиональные и межэтнические конфликты грозят перерасти из региональных в глобальные.

В этих условиях интересен исторический опыт совместного существования различных цивилизаций. Посильной лептой гуманитарного знания мог бы стать ретроспективный взгляд на войну как на культурно-ментальный феномен.

Для культурной сферы война всегда являлась весьма плодотворной темой. Военные сюжеты запечатлены в многочисленных исторических памятниках, отражены в культурных образах. Их палитра чрезвычайно многоцветна и разнообразна: от высокой патетики героического, романтического до картин жестоких расправ, страдания и смерти. Устоялось общее и универсальное формообразование – культурно-ментальный образ войны. Рефлексия войны в различных национальных и этнических традициях имеет как общее, так и особенное. Самобытность сложившихся образов во многом определяется устойчивыми историческими архетипами и национальными менталитетами.

Западноевропейский образ войны складывался как культурно-ментальная и духовно-нравственная рефлексия бурно развивающейся западной цивилизации. В войне, пожалуй, ярче и понятнее, чем в какой-либо иной жизненной сфере проявлялась сущность западного мира. Именно на это обращал внимание К. Йесперс, отмечая, что «... у западного человека нет желания остановиться во всем: в познании, в приобретении богатств, постоянная неудовлетворенность во всем, жажда богатств и жажда знаний. И эта жажда неутоляема» [11, с. 87]. Динамизм, решительность, энергичность становилась сущностной чертой жизненного уклада европейского общества.

Духовно-нравственное оправдание воинственности, ментальную предрасположенность к войне обеспечивало западное христианство. Христианское вероучение считало все войны – справедливые и несправедливые – несчастьем и бедствием. Грех за человеческие страдания возлагался прежде всего на тех, кто развязывает войну, – на честолюбивых политиков, неудачливых дипломатов, жаждущих наживы собственников, а не на воинов, жертвующих на полях сражений собственной жизнью за чужие ошибки и преступления. По учению церкви, они совершали не убийство, а подвиг жертвенной любви в защиту Отечества. Если цели войны можно достигнуть без кровопролития, то к нему, согласно христианскому учению, не следует прибегать [30, с. 241].

Когда же вставал вопрос о власти и богатстве, сама церковь забывала о миролюбии и смиренности. Папа римский ведёт почти вековую войну с германским императором, благословляет крестовые походы, огнем и мечом покоряет южную Францию, языческую Пруссию, пытается насадить «правильную» веру в Литве и Новгороде. Поистине воинствующей церковью католицизм становится в эпоху Реформации, осеня крестным знаменем вооружённое подавление протестантов. «Нет справедливее и благороднее дела, чем вести войну за нашу древнюю римскую католическую церковь», – провозглашал кардинал Вильям Аллен [26, с. 44].

В ответ протестантизм действовал не менее решительно. Большинство протестантов в вопросах войны и мира следовали учению Лютера. Признавая войну «такой же полезной и нужной для всего сущего, как питьё и пища или любой иной труд», [20, т. 5, с. 88] они, тем не менее, осуждали её, как необходимое зло. Лютер призывал браться за меч, только если он будет направлен против врагов протестантизма: «Когда говорят, что война подобна моровой язве, то с этим трудно не согласиться, но если бы не война, нас бы постигли более страшные бедствия» [20, т. 5, с. 94].

В отличие от пространных взглядов Лютера, отношение к войне Кальвина чётко выражено в специально отведённых главах его основного канонического труда – *Institutes of the Christian Religion*. Если правитель взялся за оружие ради свободы и процветания подданных, то господь благословляет такую войну, как справедливую и богоугодную, «чему многие свидетельства есть в Священном писании», и вести её нужно решительно и беспощадно [25]. Ещё меньше умеренности и миролюбия проявляли последователи Лютера и Кальвина. В условиях религиозных преследований XVI–XVII вв. в протестантской церкви утвердилась доктрина справедливой войны против врагов истинной веры. Типичные взгляды протестантской идеологии выражены в работе Томаса Барнета «Книге войн Господа», воспевающей насилие во имя веры. Подобные идеи звучали в проповедях известного радикального священника Генри Берлинжера и достигли своей кульминации в середине XVII в. в решительных призывах диссентерских проповедников. Один из них, Вильям Гоудж, считал войны за веру «лучшим делом из всех, осенённых когда-либо дланью Господней» [26, с. 128].

Конечно же, европейское христианство знало и антивоенный пафос Томаса Мора, и стойкий пацифизм анабаптистов, и пламенный гуманизм Эразма Роттердамского, но их голос буквально тонул в громогласных призывах к войне.

Неуступчивость, воинственность, раздражительность, жадность к деньгам, педантизм, беспощадность к человеческим слабостям, преследование всего яркого и самобытного, высоко развитое чувство собственного достоинства – вот характеристика, которую даёт пуританам Р. Вишпер [3, с. 68, 139, 140]. «Пуританизм и милитаризм – близнецы», «пуританизм, милитаризм и капитализм требуют тождественных добродетелей» – эти идеи представляют собой лейтмотив взглядов на европейскую культуру Нового времени Зомбарта [34, т. 1, с. 231]. Свою ревность

в вопросах веры европейское протестантство переносило на военно-политическую арену.

Пуританские солдаты Оливера Кромвеля, часто представляемые пламенными борцами с королевским деспотизмом, в сущности, являлись религиозными фанатиками. Они отличались не только стойкостью на поле брани, но и беспощадностью к католикам и ирландцам. Жестокость шведских воинов оправдывалась и поощрялась церковью. «Кара и месть были важными лейтмотивами в проповедях, и над коленопреклонёнными батальонами гремела заповедь не проявлять никакого снисхождения, ибо слово Божие предписывает возмездие», – так описывает роль «лютеранской ортодоксии» в воспитании шведской армии начала XVIII века П. Энглунд [10, с. 20].

В православной культуре складывался иной взгляд на все сущее на Земле, в том числе и на войну. В целом, укладываясь в рамки общехристианского канона, православие давало ему свою нравственную интерпретацию. О религиозно-духовных расхождениях православной и западноевропейской культур мы можем судить по оживлённой полемике, возникшей в русском обществе середины XIX в. Дворянско-разночинная интеллигенция, среди которой немало известных литераторов, философов и революционеров, мучительно искала ответы на острые вопросы современности. Духовно-нравственные сомнения интеллигенции обращались к каноническим истокам христианства. Результатом этой общественно-политической полемики стал целый ряд глубоких философско-религиозных трудов, в которых исследовано культурно-теологическое различие между католицизмом и православием.

Трудный и мучительный выбор между «родным» православием и «чужим» католицизмом стал главной темой «Философических писем» Н.А. Чаадаева. В своих размышлениях он явно симпатизирует католицизму, отмечая его заслуги в социальном развитии

человечества, в объединении Европы «под сенью идеи Христа, невзирая на грех честолюбия и применение силы». Чаадаев отмечал «... бьющую через край деятельность Запада, кипучую игру нравственных сил народа – ничего подобного у нас не было... Эпоха социальной жизни в православии наполнена тусклым и мрачным существованием без силы, без энергии; Мы живем ... среди плоского застоя, ... беспечная отвага... ленивая отвага... отмечается иностранцами...» [39].

Нравственная сущность католицизма наиболее полно выражена В. Соловьёвым, глубоким и самобытным религиозным мыслителем, стоявшим между сторонниками западного пути развития и почвенниками. Философа пленяет яркая пассионарность католичества и разочаровывает безучастность православия. Его сочинения доносят до нас оправдание католицизмом Священной войны как проявления активной роли западного христианства. Таковой для него является война добра со злом, наполненная глубоким религиозным и нравственным смыслом. Реноме католичества выражено им в двустихии:

Но перед пастию дракона  
Ты понял: крест и меч – одно [40].

«Меч» – это символ воинственности, которую католицизм трактует как «воинственную борьбу со злом и воинственную защиту правды». В. Соловьёв ностальгирует о европейском рыцарстве и жалеет о недостатке рыцарского духа на православном Востоке [40].

В защиту православия высказывалась русская культурная интеллигенция начиная с А. С. Пушкина и славянофилов XIX в. до философов и мыслителей XX в. в лице Н. А. Бердяева, С. Л. Франка, Г. В. Флоровского и др. Оппонируя сторонникам католицизма по целому ряду богословских вопросов, в том числе и по культурной пассивности православия, они вкладывали в него глубокий теологический смысл. Они объясняли изоляционизм

и затворничество восточного христианства его духовно-нравственным, теологическим, культурно-психологическим своеобразием.

Пассивность труда и лень мысли на самом деле были внешним проявлением устремлённости внутрь православной культуры, поиска бога в человеке, «обожение человеческой природы изнутри» – так объяснял эту специфику Н. А. Бердяев. Он писал: «Вся духовная энергия русских уходит внутрь, во внутренние отношения человека к Богу, и не до внешних дел им, не остается у них сил для исторической активности, для практического жизнеустроения, для культурного развития. Даже политика принимает у нас форму мечтательной экзальтации и религиозного максимализма» [40].

Устремлённая на поиски бога в самом человеке, православная культура, формировала самобытную цивилизацию. Всё экзистенциально-эмпирическое пространство во всей своей многогранности проявлений носило на себе отпечаток этой духовной, обращённой внутрь, культуры. Воспринимаемое внешне, как «замкнутость, неподвижность ... наша ленивая любовь, наша ленивая вера...» [1, т. 4, с. 42], православие не могло стать духовным источником прогрессивной культуры, динамичной рациональной цивилизации. Доктринально и эмпирически замкнутое оно не было ориентировано на внешнюю активность. Эта духовно-нравственная традиция воплощалась и в самобытном народно-культурном образе войны. Строгость восприятия всего сущего, духовно-нравственная устремлённость внутрь и сдержанность во внешнем проявлении отражались и на облике войны. Он лишён романтической привлекательности и героической бравады. Он чужд ярких красок и бурных переживаний. Не прижились в православной культуре и личностная пассионарность, и эмоционально-чувственный порыв.

Несмотря на отчаянное стремление просвещённого самосознания к утвер-

ждению мира в Европе, военная интенсивность в XVI–XVII вв. неизменно возрастала. Осознав своё политическое бессилие, философско-религиозная мысль постепенно сосредоточилась на регламентации и правилах ведения военных действий. Наиболее законченное выражение эти взгляды нашли в работах Гуго Гроция (1583–1645 гг.). Сфера военного права была значительно расширена. Налагался запрет на грабёж и причинение вреда гражданскому населению. Усиливался иммунитет нонкомбатантов, их состав был расширен новыми категориями населения. Облегчалось положение военнопленных и заложников.

Развитие европейского военного права, наступающая «галантная эпоха» имели благотворные последствия. Меняются не только содержание и формы ведения войны – происходят заметные изменения в духовно-ментальной сфере войны. Постепенно ослабевает религиозный фанатизм, питающий европейские войны предшествующей эпохи. Спадает взаимное ожесточение между католиками и протестантами. Лик европейской войны уже не столь ужасен, как в эпоху всеобщего религиозного помешательства. Военные действия ведутся без былого ожесточения, без разрушений, беспощадности и взаимной ненависти противников друг к другу.

Религиозная неистовость постепенно вытесняется сословно-дворянским кодексом чести и военно-профессиональной утилитарностью. Война как цивилизационное формообразование на долгое время становится неотъемлемой частью дворянской корпоративной культуры, и в её образах преобладают нравы и предпочтения высших слоев европейского общества. Самый устойчивый стереотип, закрепившийся за войной и военным делом в европейской культуре: война – поприще чести и славы. Эти нравственные критерии, укрепляясь из поколения в поколение, становятся духовным императивом европейского дворянства. Война давала повод испытать себя риском и опасностью,

продемонстрировать свою храбрость и самообладание, бравировать перед друзьями, завоевать признание окружающих, подтвердить и приумножить честь фамилии. Жажда чести и славы, которые должны быть обязательно продемонстрированы публично и стать всеобщим достоянием, объясняют неодолимое стремление дворянства к войне. Культ войны в ценностной иерархии дворянства ещё долго останется непоколебимым.

В 1601 г. в одном из первых популярных парижских изданий, *Guide de courtesans*, упоминалось: «Дворянская молодёжь не скрывает своего возмущения недавно заключённым миром. Теперь она лишена возможности проявить свои лучшие качества, и многие вынуждены будут покинуть родину, чтобы утолить свою воинственность где-нибудь за границей».

Пример преклонения перед войной демонстрировал король Людовик XIV, для которого война являлась индикатором мужества и величия. Современники отмечали: «Он проявляет настоящую страсть к войне, и приходит в отчаяние, когда его удерживают от участия в походе» [38, с. 78]. Объясняя нападение на Голландию в 1672 г., Людовик XIV вспоминал: «Я не пытаюсь оправдываться, ведь для монарха честолюбивые помыслы всегда простительны, и особенно для такого монарха, страстно желавшего всеобщего признания, каким в молодости был я» [38, с. 217].

Людовик XIV отмечал необычайный энтузиазм дворянства, всегда готового сражаться: «Это чудесно, что такое множество людей высокого происхождения ... готовы вступить в мою армию» [37, с. 61]. Ему вторит Вобан, один из его лучших маршалов: «... вся нация обожает войну, и с лёгкостью берётся за оружие с единственной целью вознести честь дворянского имени и приумножить славу рода» [14, с. 269].

Война этой эпохи недаром запечатлена в источниках, как «война в кружевах». Военное дело не только обретает научную атрибутивность, но



и заимствует некоторые формы и манеры искусства барокко. Подчёркнутая вычурность и внешняя театральность доминирует над военной целесообразностью. Позёрство и самолюбование преобладает над боевой активностью. Культура и война уже не предстают антиподами в европейской системе символов и смыслов. Скорее наоборот, они всё теснее сближаются, европейская культура и европейская война, образуя странный культурно-цивилизационный феномен, симбиоз рыцарско-дворянской этики, профессионально-регламентного схематизма, математического расчёта и финансово-хозяйственной рутины.

Нравственный порог между декорированным миром и «галантной» войной снижается. Они, как две части одного целого, они всегда рядом. Война где-то идёт постоянно. Европейское сознание привыкает к ней, как к чему-то обыденному, привычному. Поэтому и переход от войны к миру происходит легко и буднично, без каких-либо моральных переживаний, нравственных терзаний и угрызений совести. Как отмечает М. Говард, «Для Луи XIV и его двора, по крайней мере, в молодости, война представлялась чем-то типа сезонной охоты» [24, с. 13]. «Война в кружевах» становилась неотъемлемой сторонойсловно-дворянской обыденности.

«Галантная» война становилась чрезвычайно популярной. Во Франции на рубеже XVII–XVIII вв. в армии служило от 1/3 до 1/2 дворян призывного возраста. Этот феномен А. Корвисье называл «беспрецедентной аристократической мобилизацией» [17, с. 341–343]. Не отставали от них и немецкие земли, в которых «...уровень милитаризации населения был чрезвычайно высок. В XVIII в. в Ганновере, Гессен-Касселе, Брауншвейге и Пруссии по крайней мере каждый четвёртый мужчина от 18 до 45 лет служил в той или иной армии» [15, с. 57]. «Только в Гессен-Касселе при населении в 0,5 млн армия насчитывала 14 тыс. Каждый 19 житель служил в армии» [15, с. 61].

Простой народ исключался из сферы войны. Естественно, контрибуции, постойи войск, расквартирование, военные налоги никуда не делись. Всё это ложилось тяжёлой ношей на его плечи, но этим, как правило, всё и ограничивалось. Население относилось к войне индифферентно, как к странному опасному занятию аристократии, от которого лучше держаться подальше. В крайнем случае, она вызывала нездоровое любопытство у обывателя, картины смерти, вид кровавых ран или предсмертных мучений привлекали падкую на зрелище толпу. Шведский исследователь П. Энглунд заключает, что для общества XVII–XVIII вв. война совсем не являлась тем, чем она станет в XX в.: «Она не была чем-то тотальным, безусловным и всепоглощающим, в какой-то мере можно было оставаться в стороне, выбирать степень своего участия... Такое своеобразное отношение к войне разделял и простой народ, о чём свидетельствует то, что сражение иногда превращалось в настоящее народное гуляние. Случалось, что большие группы населения отправлялись посмотреть на какую-нибудь битву, как будто речь шла о грандиозном спектакле» [10, с. 56–57].

Но не только романтические экзальтированные настроения влияли на формирование привлекательного образа войны в европейском мире. Немаловажное место в этом занимали и рационалистические мотивы. Нарастающий кризис разорял феодальное хозяйство и вынуждал дворянство искать средства для существования на государственной и военной службе. Для профессиональных военных война означала достаток и процветание, а мир – безработицу и нищету. Де ла Колони вспоминает, как окончание войны с Аугсбургской лигой 1688–1687 гг. для офицеров и солдат стало настоящей трагедией, так как многие оставались просто без средств к существованию [36, с. 52–53]. Французские военные массово поступали на службу вчерашнему противнику, в имперскую и бранденбургскую армии, продолжавших воевать с Турцией [36, с. 81].

Привлекательность войны Нового времени безусловно бы померкла, если бы не её относительно необременительный характер. Условия европейской войны обеспечивали дворянству привычный комфорт и даже позволяли известную роскошь. Полевая неустроенность, трудности и лишения сведены до минимума. Это позволяло и на войне придерживаться обычной для эпохи галантности, утонченности нравов. Бои и переходы чередовались с застольями, адюльтером, дуэлями и даже балами. Короткие переходы и длительные стоянки почти превращали походы в приятные прогулки. Маршруты пролегали по густонаселённым районам с развитой инфраструктурой. Это позволяло обеспечивать войска сносными бытовыми условиями, крышей над головой, нормальным отдыхом, продуктами, фуражом.

Совершенно иные условия складывались в войнах Восточной Европы. Здесь война оставалась тяжёлым солдатским трудом, с напряжением всех физических и моральных сил, с нечеловеческим терпением и упорством. Русским войскам приходилось преодолевать огромные расстояния. Самое поверхностное сравнение показывает, что, например, ганноверские и пфальцские полки в войне за испанское наследство 1701–1714 гг. прошли в среднем в пять-шесть раз меньше, чем Семёновский и Преображенский полки за тот же период в ходе Великой Северной войны 1700–1721 гг. [2, т. 1, 5, т. 1, 18, 33]. Русской армии приходилось действовать в глухой малонаселённой местности, покрытой непроходимыми лесами и болотами. Неделями солдаты не видели ни крыши над головой, ни горячей пищи.

Европейские войска целую кампанию могли находиться в полевых лагерях. Как правило, большая часть времени посвящалась осаде городов или крепостей. Воевать предпочитали в тёплое время года, весной-летом. Так, более 90% кампаний антифранцузской коалиции 1701–1714 гг. во Фландрии

и на Верхнем Рейне начинались в конце апреля – середине мая, а завершались в конце октября – начале ноября [19, 29, 31]. С наступлением осенней непогоды войска размещались на постой. Русской армии, чтобы выполнить боевые задачи, приходилось открывать кампании раньше, а завершать позже. Нередко боевые действия велись круглогодично, в условиях жестоких морозов, весеннего половодья или осенней распутицы. Русская война была настоящим испытанием для людей и животных. Голод, холод, болезни, бездорожье в бесконечных походах становились главными противниками русского солдата. Климат и расстояния становились доминирующими факторами боевых действий. Война на Востоке не имела ничего общего с романтическими порывами, с тщеславными устремлениями. Война на Востоке – это существование на грани выживания, это напряжение всех физических и духовных сил, это ежедневные страдания и терпение, это стоическое преодоление тягот и лишений.

Как это ни парадоксально, война, кормившая и привлекавшая к себе европейское дворянство, разоряла русское военно-служилое сословие. Феодалному хозяйству русского помещика никакие экономические кризисы в обозримом будущем не угрожали. Зато оно требовало постоянного, если не личного участия, то хотя бы внимания помещика-хлебопашца. Систематический отрыв грозил хозяйству разорением, а семье помещика – голодной смертью. Тем более, что большая часть служилого сословия относились к слою мелких хозяев, или «однодворцев» [4, с. 183; 9] и зарабатывала на жизнь тяжёлым крестьянским трудом. В целом, «служилые люди» и дворянство, позднее выделившееся из них, тяготилось службой. Фактами массовых «нетей», самовольного оставления службы, пестрит российская военная история XVII–XVIII вв. Чтобы обеспечить явку помещиков в свои полки, Москве всё чаще приходилось прибегать к принуждению. Стрелецкие бунты

конца XVII в. были вызваны привлечением стрельцов – наиболее боеспособной части московской армии – к военным учениям и дальним походам. Палкой и угрозами загонял на службу своё дворянство Пётр. Не успели закрыть глаза императора, как офицерство завалило челобитными сенат, выпрашивая у него послаблений по военной службе. Известно, что офицеры Ярославского и Вятского полков, переведённых в мекленбургскую службу, узнав, что герцог Мекленбургский не против их замены на немецких офицеров, в массовом порядке увольнялись и уезжали на родину [43].

Для русского служилого сословия служба являлась тяжёлой государственной повинностью. Война в сознании русского служилого сословия олицетворялась с несчастьем, трудностями, смертью, тяжким неблагоприятным трудом.

Разница в экономической мотивации усугублялась ментально-нравственными условиями. Русская аристократия и дворянство были продуктом совершенно иной культурно-исторической традиции. Складывающееся в жёстких условиях восточного деспотизма, воспитанного в системе подданничества, оно было чуждо любым проявлениям индивидуальной независимости и личностной свободы. Честолюбие, жажда признания и славы, чувство достоинства не приживались в русской ментальной атмосфере. Здесь культивировались иные качества. Холопская преданность, беспрекословная исполнительность, смиренность и покорность, страх расправы сочетались с заносчивостью, высокомерием.

Война на Руси была делом не благородного рафинированного сословия, а части народа, тесно связанной с основным земледельческим классом. Слабо дифференцированная стратификация ещё не определила чёткие рамки между благородным и «подлым» сословиями. Аморфная масса «служилых людей» не социально, не экономически не выделялась из среды податного населения. Поэтому и образ войны в нашей культуре

неразрывен с представлениями и переживаниями широких народных слоёв.

Негативные образы войны во многом формировались под влиянием финансово-налогового бремени, который приходилось нести народу. Европейские исследования последних лет весьма острожно относятся к тезису о повышении военно-налогового бремени, предпочитая говорить не о беспрецедентном росте налогов, а об упорядочении государственно-финансовой системы [8, с. 103; 13, с. 112–113; 25, с. 306]. Более того, исследования подтверждают, поборы с населения не являлись главным источником ведения войн. Европейские правительства предпочитали известную умеренность по отношению к своему народу, тем более в военное время, делая упор на государственные кредиты, займы, контрибуции и т. д. [27, с. 24; 22, с. 39; 12, с. 153; 32, с. 43, 81].

Источники, которые покрывали 80–90% военных расходов, например, Франции, для России оказывались недоступными. Если Франция или Англия по военным кредитам расплачивались десятилетиями, то Россия была лишена такой возможности. Эту специфику отмечали и иноземные дипломаты: «Все расходы царя уплачиваются в пределах текущего года, что особенно увеличивает тяжесть войны. Хотя он должен не более 200 000 рублей, его казначейство при дурном управлении не может найти кредита даже на 10 000 рублей; купцы не хотят давать переводов, пока не получат в руки денег» [6, с. 93]. У России не было иного источника военных расходов, кроме своего народа. Каждая война оборачивалась громадным напряжением народных сил, тяжёлым бременем ложилась на плечи служилых и податных сословий.

Таким образом, в европейской и отечественной культурных традициях формировались значительно отличающиеся друг от друга нравственно-ментальные образы войны. Являясь продуктом самобытных цивилизаций, эти разнонаправленные культурные традиции в значительной степени сложились

в эпоху позднего феодализма. Для европейской традиции была характерна элитарная рафинированная и профессионально-утилитарная культура войны. И та и другая в целом оправдывали войну, принимали её легковесно и одобрительно. Европейской культурой война рефлексирована как не противоречивый цивилизационной сущности материально-духовный образ, как гармоничный способ существования западноевропейского общества, не угрожающий, а соответствующий его культурным императивам.

Отечественная культурная традиция выработала несколько иной образ войны. В культурной палитре он запечатлен как антипод народной нравственности. Война – это реальность за границами общепринятых добродетелей. Между миром и войной, как цивилизационными формообразованиями, пролегла резкая нравственная и ментальная грань. Её переход сопряжен с глубокими переживаниями, духовными терзаниями и осуждением. Образ войны – это олицетворение горя, страданий, разрухи и смерти. Война запечатлена в отечественной культуре в крайне негативных образах, формах и смыслах. Эта черта русского народного самосознания не осталась незамеченной и со стороны наблюдательных иноземцев. «Природное отвращение Русского простолюдиня к войне» [7, с. 1115] отмечалось многими иностранцами, посетившими Россию в XVII–XVIII вв. У некоторых оно вызывало искреннее любопытство и одобрение, у других – нескрываемое

высокомерие и даже презрение, но большинство единодушно относили его к особым свойствам русской души.

Образ войны, характерный для цивилизационно-культурных ойкумен феодальных обществ, безусловно, носит на себе отблеск той исторической эпохи. И время неумолимо по отношению к его преходящим поверхностным формам. Являясь непреложной частью пестрого легковесного мира явлений, многое было сметено и навсегда кануло в историческом небытии. Многие подверглось видовым метаморфозам и видоизменилось до неузнаваемости. Что-то сегодня воспринимается не иначе как причудливая черта или забавная иллюстрация к архаичной культуре прошлого. Но есть и то, что выдержало испытание временем, было умело вплетено в современное культурно-цивилизационное многоцветие, подчёркивая его самобытную неповторимость. Исторически сложившийся образ войны непреднамеренно проступает сквозь современные геополитические концепции, материализуясь в глобальных доктринах, незримо присутствуя в национальных стратегиях и внешнеполитической деятельности. Сложившееся в веках стойкое неприятие войны, отношение к войне как к источнику страданий, горя, смерти и разрухи остается нравственно-поведенческим императивом отечественной цивилизации. Это культурно-ментальное наследие и поныне играет роль естественного иммунитета против любых форм агрессивности, являясь залогом нашего миролюбия и человечности. ■

#### Литература

1. Аксаков К. С. Полное собрание сочинений. – М. : Изд-тво МУ, 1880. Т. 1–4.
2. Бобровский П. О. История лейб-гвардии Преображенского полка. СПб, 1904. Т. 1–2.
3. Вишпер Р. Ю. История Нового времени. – Киев, 1997. 286 с. ISBN 966-521-022-X.
4. Воробьёв В. М., Дегтярёв А. Я. Русское феодальное землевладение от Смутного времени до кануна петровских реформ. – Л., 1986. 230 с.
5. Дирин П. История лейб-гвардии Семёновского полка. СПб, 1883. Т. 1–3.
6. Донесения и другие бумаги чрезвычайного посланника английского при русском дворе Чарльза Витворта с 1704 г. по 1708 г. – СПб, 1884. Т. 39. С. 233–260.
7. Записки о Петре Великом и его царствовании Брауншвейгского резидента Вебера // Русский архив. 1872. № 6.
8. История крестьянства Европы. Эпоха феодализма / под ред. Удальцова З. В. – М., 1986. 605 с.

9. Русская историческая библиотека. – СПб, 1868. Т. XVII. № № 245, 250, 460, 465.
10. Энглунд П. Полтава: рассказ о гибели одной армии. – М., 1995. ISBN 5-8679-3005-х. 286 с.
11. Ясперс К. Смысл и назначение истории // Мыслители XX века. – М.: Республика, 1994. С. 27–91.
12. Brenner J. *The Sinews of Powers*. – London, 1989. 240 с. ISBN 1-8502-9179-9.
13. Braddick M. J. *The Nerves of State: Taxation and the Financing of the English State 1558–1714*. 1996. 256 с. ISBN 0-7190-3872-3.
14. D'Aiglun A. R. ed. *Vauban sa famille et se écrit*. – Paris, 1910. 450 с.
15. Childs J. *Armies and warfare in Europe 1648–1789*. – Manchester, 1982. 255 с.
16. Corvisier A. *Armies and societies in Europe 1494–1789*. Indiana University Press, 1976. 209 с. ISBN 0-2531-2985-0.
17. Corvisier A. *Louvois*. – Paris, 1983. 432 с. ISBN 2-2130-1217-2.
18. Golberg C.-P. Hall R. *The Army of the Electorate Palatine under Elector Johann Wilhelm 1690–1716. The Pike and Shot Society*. 2004. 188 с.
19. *Feldzuge des Prinzen Eugen von Savoyen*. – Wien, 1876–1892. Т. 1–20. ISBN 0-6590-3122-3.
20. Henry E. J. под ред. *Works of Martin Luther*: – Philadelphia, 1943. Т. 1–6.
21. Hinsley F. H. *Power and the Pursuit of Peace*. – Cambridge, 1963. 416 с.
22. Hochedlinger M. *Austrian's War of Emergence 1683–1797*. 2003. ISBN 0-5822-9084-8. 466 с.
23. Howard M. *War and Liberal Conscience*. – London, 1978. 143 с.
24. Howard M. *Weapon and Peace*. – David Davies Memorial Institute of International Studies, 1983. 266 с.
25. *Institutes of the Christian Religion // Library of Christian Classic / под ред. McNeill J. T.* – London, 1963. Т. 20–21.
26. Jonson J. T. *Ideology, Reasons, Limitations of Wars: Religious and Secular Concepts*. – Princeton, 1975. 291 с. ISBN 0-6910-7209-4.
27. Linn J. A. *Giant of the Grant Siècle: The French Army 1635–1715*. – Cambridge, 2006. 650 с. ISBN 0-5215-7273-8.
28. Luard E. *War in International Society*. – London, 1986. 480 с. ISBN 1-8504-3012-8.
29. Murray G. *The letters and dispatches of John Churchill*. – London, 1845. Т. 1–5.
30. Napthin D., Speck W. A. *Clergymen and conflict 1600–1763 // Study of Church History*. 1983. Т. 1–20.
31. Pelet J. J. G. and Le Vault F. E. de. *Mémoires militaires relatifs à la Guerre de la Sucession d'Espagne*. – Paris, 1832–1846.
32. Rowlands G. *The Financial Decline of a Great Power*. – Oxford, 2012. 266 с. ISBN 0-1995-8507-5.
33. Schmenke A. *Geschichte der Hannoverischen Truppen im Spanischen Erbfolgekriege 1701–1714*. – Hannover, 1862. 295 с.
34. Sombart W. *Studien zur Entwicklungsgeschichte des modernen Kapitalismus*. – München und Leipzig, 1913. Т. 1–2.
35. Spooner F. *The International Economy and Monetary Movements in France 1493–1725*. 1972. 364 с.
36. *The Chronicles of an old Compaigner M. De la Colonie 1692–1717*. – London, 1904. 479 с.
37. Tueney L. *Les Officiers de l'ancien regime. Nobles et roturiers*. – Paris, 1908. 434 с.
38. Wolf J. B. *Louis XIV*. – New York, 1968. 678 с.
39. Библиотека русской религиозной и художественной литературы «Вехи» [Электронный ресурс]: Чаадаев П. А. Философические письма. 2001. URL: [http://www.vehi.net/chaadaev/filpisma.html#\\_ftnref1](http://www.vehi.net/chaadaev/filpisma.html#_ftnref1). (дата обращения: 10.04.2015).
40. Библиотека русской религиозной и художественной литературы «Вехи» [Электронный ресурс]: Бердяев Н. А. Истина православия. 2000. URL: <http://www.vehi.net/berdyayev/istina.html>. (дата обращения: 9.10.2015).
41. Библиотека Хроноса [Электронный ресурс]: Касьянова К. О русском национальном характере. 2000. URL: [http://www.hrono.ru/libris/lib\\_k/kglava3.php](http://www.hrono.ru/libris/lib_k/kglava3.php) (дата обращения: 11.02.2015).
42. Социокультурное регионоведение. Центр по изучению взаимодействия культур. [Электронный ресурс]: Фатюшенко В. И. Русский мир в контекст мировых цивилизаций. 2012. URL: <http://www.regionalstudies.ru/publication/monograph/fatushenko/404-20-.html> (дата обращения: 19.02.2015).
43. *Oderint dum probit* [Электронный ресурс]: Hanoverian army in 1719. 2014. URL: <http://rusmilhist.blogspot.ru/2014/06/mecklenburg-army-in-march-1719.html>. (дата обращения: 2.06.2015).



### References

1. Aksakov K. S. Polnoe sobranie sochineniy. [Complete collected works.] – M. : Izd-vo MU, 1880. T. 1–4.
2. Bobrovskiy P. O. Istoriya leyb-gvardii Preobrazhenskogo polka. [The history of Life Guards of Preobrazhensky Regiment.] SPb, 1904. T. 1–2.
3. Vipper R. Yu. Istoriya Novogo vremeni. [The history of New Time.] Kiev, 1997. 286 s. ISBN 966-521-022-X.
4. Vorobyov V. M., Degtyaryov A. Ya. Russkoe feodalnoe zemlevladienie ot Smutnogo vremeni do kanuna petrovskikh reform. [Russian feudal landownership from the Time of Troubles to the eve of the Petrine reforms.] – L., 1986. 230 s.
5. Dirin P. Istoriya leyb-gvardii Semyonovskogo polka. [The history of Life Guards of Semenov regiment.] SPb, 1883. T. 1–3.
6. Doneseniya i drugie bumagi chrezvychaynogo poslannika angliyskogo pri russkom dvore Charlza Vitvorta s 1704 g. po 1708 g. [Reports and other papers of Charles Whitworth, the English Envoy Extraordinary to the Russian court from 1704 to 1708] – SPb. 1884. T. 39. S. 233–260.
7. Zapiski o Petre Velikom i ego tsarstvovanii Braunschveygskogo rezidenta Vebera [Notes on the Peter the Great and his reign by Brunswick resident Weber] // Russkiy arkhiv. 1872. № 6.
8. Istoriya krestyanstva Evropy. Epokha feodalizma [History of the peasantry of Europe. The era of feudalism] / edited by Udaltsov Z. V. – M., 1986. 605 s.
9. Russkaya istoricheskaya biblioteka. [Russian Historical Library.] – SPb, 1868. T. XVII. № 245, 250, 460, 465.
10. Englund P. Poltava: rasskaz o gibeli odnoy armii. [Poltava: the story of a loss of one army.] – M., 1995. 286 s. ISBN 5-8679-3005-x.
11. Jaspers K. Smysl i naznachenie istorii [Meaning and purpose of history] // Mysliteli XX veka. – M.: Respublika, 1994. S. 27–91.
12. Brenner J. The Sinews of Powers. – London, 1989. 240 s. ISBN 1-8502-9179-9.
13. Braddick M. J. The Nerves of State: Taxation and the Financing of the English State 1558–1714. 1996. 256 s. ISBN 0-7190-3872-3.
14. D'Aiglon A. R. ed. Vauban sa famille et se écrit. – Paris, 1910. 450 s.
15. Childs J. Armies and warfare in Europe 1648–1789. – Manchester, 1982. 255 s.
16. Corvisier A. Armies and societies in Europe 1494–1789. Indiana University Press, 1976. 209 s. ISBN 0-2531-2985-0.
17. Corvisier A. Louvois. – Paris, 1983. 432 s. ISBN 2-2130-1217-2.
18. Golberg C.-P. Hall R. The Army of the Electorate Palatine under Elector Johann Wilhelm 1690–1716. The Pike and Shot Society. 2004. 188 s.
19. Feldzuge des Prinzen Eugen von Savoyen. – Wien, 1876–1892. T. 1–20. ISBN 0-6590-3122-3.
20. Henry E. J., edited by Works of Martin Luther: – Philadelphia, 1943. T. 1–6.
21. Hinsley F. H. Power and the Pursuit of Peace. – Cambridge, 1963. 416 s.
22. Hochedlinger M. Austrian's War of Emergence 1683–1797. 2003. 466 s. ISBN 0-5822-9084-8.
23. Howard M. War and Liberal Conscience. – London, 1978. 143 s.
24. Howard M. Weapon and Peace. – David Davies Memorial Institute of International Studies, 1983. 266 s.
25. Institutes of the Christian Religion // Library of Christian Classic / edited by McNeill J. T. – London, 1963. T. 20–21.
26. Jonson J. T. Ideology, Reasons, Limitations of Wars: Religious and Secular Concepts. – Princeton, 1975. 291 s. ISBN 0-6910-7209-4.
27. Linn J. A. Giant of the Grant Siècle: The French Army 1635–1715. – Cambridge, 2006. 650 s. ISBN 0-5215-7273-8.
28. Luard E. War in International Society. – London, 1986. 480 s. ISBN 1-8504-3012-8.
29. Murray G. The letters and dispatches of John Churchill. – London, 1845. T. 1–5.
30. Naphtin D., Speck W. A. Clergimen and conflict 1600–1763 // Study of Church History. 1983. T. 1–20.
31. Pelet J. J. G. and Le Vault F. E. de. Mèmoires militaires relatifs à la Guerre de la Sucession d'Espagne. – Paris, 1832–1846.
32. Rowlands G. The Financial Decline of a Great Power. – Oxford, 2012. 266 s. ISBN 0-1995-8507-5.



33. Schmenke A. Geschichte der Hannoverischen Truppen im Spanischen Erbfolgekriege 1701–1714. – Hannover, 1862. 295 s.
34. Sombart W. Studien zur Entwicklungsgeschichte des modernen Kapitalismus: – München und Leipzig, 1913. Т. 1–2.
35. Spooner F. The International Economy and Monetary Movements in France 1493–1725. 1972. 364 s.
36. The Chronicles of an old Campaigner M. De la Colonie 1692–1717. – London, 1904. 479 s.
37. Tueney L. Les Officiers de l'ancien regime. Nobles et roturiers. – Paris, 1908. 434 s.
38. Wolf J. B. Louis XIV. – New York, 1968. 678 s.
39. Biblioteka russkoy religioznoy i khudozhestvennoy literatury «Vekhi» [Library of Russian religious and fiction books «Vekhi»] [Electronic resource]: Chaadaev P. A. Filosoficheskie pisma. [Chaadayev P. A, Philosophical Letters.] 2001. URL: [http://www.vehi.net/chaadaev/filpisma.html#\\_ftnref1](http://www.vehi.net/chaadaev/filpisma.html#_ftnref1). (date accessed: 10.04.2015).
40. Biblioteka russkoy religioznoy i khudozhestvennoy literatury «Vekhi» [Library of Russian religious and fiction books «Vekhi»] [Electronic resource]: Berdyaev N. A. Istina pravoslaviya. [The truth of Orthodoxy.] 2000. URL: <http://www.vehi.net/berdyaev/istina.html>. (date accessed: 9.10.2015).
41. Biblioteka Khronosa [Chronos Library] [Electronic resource]: Kasyanova K. O russkom natsionalnom kharaktere. [On Russian national character.] 2000. URL: [http://www.hrono.ru/libris/lib\\_k/kglava3.php](http://www.hrono.ru/libris/lib_k/kglava3.php) (date accessed: 11.02.2015).
42. Sotsiokulturnoe regionovedenie. Tsentr po izucheniyu vzaimodeystviya kultur. [Sociocultural regional studies. Center for the Study of interaction of cultures.] [Electronic resource]: Fatyushenko V. I. Russkiy mir v kontekste mirovykh tsivilizatsiy. [Russian world in the context of world civilizations.] 2012. URL: <http://www.regionalstudies.ru/publication/monograph/fatushenko/404–20—.html> (date accessed: 19.02.2015).
43. Oderint dum probit [Electronic resource]: Hanoverian army in 1719. 2014. URL: <http://rusmilhist.blogspot.ru/2014/06/mecklenburg-army-in-march-1719.html>. (date accessed: 2.06.2015).

*Статья сдана в редакцию 13 января 2016 года*

# Аспирантская тетрадь

УДК 656.212

*Д. А. Сивицкий*

## Анализ отечественного и зарубежного опыта разработки и использования моделей технологии многогруппной сортировки вагонов

UDC 656.212

*D. A. Sivitskiy*

## Analysis of domestic and foreign experience of development and use of models of multi-group sorting technology for railway cars

### Аннотация

Описана проблема исчерпания резервов перерабатывающей способности основными сортировочными станциями узла, вызванного увеличением количества назначений, приводящего к увеличению объемов повторной сортировки. В качестве решения данной проблемы предлагается использование вспомогательных сортировочных устройств с учетом применения интенсивных технологий формирования поездов для составов, требующих многогруппной сортировки. В работе анализируются отличия условий выполнения многогруппной сортировки в нашей стране и за рубежом с точки зрения путевого развития сортировочных комплексов. Обосновывается потребность в технологии интенсивной сортировки вагонов с использованием количества путей, существенно меньшего, чем число назначений вагонов. Объект исследования – специализированные для многогруппной сортировки устройства.

Проведен анализ функциональных особенностей существующих отечественных и зарубежных моделей работы сортировочных устройств с использованием технологии многогруппной сортировки вагонов. Предложена классификация моделей по назначению. Разработана структура универсального программно-технологического комплекса моделирования многогруппной сортировки вагонов на основе модульного принципа группировки функциональных задач, которая может быть использована как для решения задач оперативного характера, так и в качестве элемента системы поддержки принятия решений при проектировании.

**Ключевые слова:** сортировочная работа, сортировочная станция, вспомогательные сортировочные устройства, многогруппная сортировка, подборка вагонов, моделирование.

DOI:10.20291/2079-0392-2016-1-106-115

### Summary

The problem of exhaustion of processing capacities of railway station marshalling yards is examined, caused by the increase in the number of destinations leading to increase in the volume of repeated marshalling. As a solution to this problem, the use of auxiliary marshalling yard facilities is proposed, involving the use of advanced train formation techniques for trains requiring multigroup marshalling. The paper analyzes the differences between the terms of multigroup marshalling in our country and abroad in terms of marshalling stations trackage. The need for an advanced marshalling technology with a number of tracks significantly lesser than the number of destinations is justified. The study is focused on specialized multigroup marshalling yard facilities.

Analysis of functional characteristics of the existing Russian and foreign operation models of marshalling yard facilities involving multi-group marshalling technology has been performed. Classification of models by purposes is proposed. The structure of a universal software system for simulation of multigroup marshalling of railway cars has been developed on the basis of the modular principle of grouping of functional tasks that can be used both for solving operational problems and as an element of design decision support system.

**Keywords:** marshalling operations, marshalling yard, auxiliary marshalling yard facilities, multi-group sorting, selection of cars, simulation.

DOI:10.20291/2079-0392-2016-1-106-115

Дмитрий Андреевич Сивицкий, аспирант; кафедра «Железнодорожные станции и узлы» Сибирского государственного университета путей сообщения; Новосибирск, Россия. E-mail: sillvansmmm@gmail.com.

Dmitriy Andreevich Sivitskiy, PhD student; Railway Stations and Junctions Department of the Siberian State University of Railway Transport; Novosibirsk, Russia. E-mail: sillvansmmm@gmail.com.

Структура вагонопотока в связи с реформированием железнодорожного транспорта и приватизацией вагонного парка значительно изменилась. Большинство сортировочных станций (СС) проектировалось для работы в условиях плановой экономики, которая обеспечивала относительную устойчивость вагонопотоков (их мощности, структуры) и возможность их достоверного планирования на большой горизонт [1, 2]. С переходом на рыночные условия работы неопределенности грузо- и вагонопотоков существенно увеличились, и теперь для многих СС число назначений существенно превышает число сортировочных путей [3]. Изменение мощности и структуры вагонопотоков часто компенсируется так называемой скользящей специализацией путей накопления и повторной сортировкой вагонов. Отраслевые исследования показывают, что увеличение количества назначений приводит к существенным потерям перерабатывающей способности станций (рис. 1).

В ходе концентрации сортировочной работы, производимой на фоне автоматизации сортировочных горок, на СС был передан объемный вагонопоток, технология сортировочной работы с которым отличается от той, под которую проектировались эти станции.

Основные горки существующих СС рассчитывались на работу по расформированию и формированию поездов мощных назначений в условиях, когда на каждое назначение мощностью 200 ваг./сут в сортировочном парке выделяется отдельный путь. Вместимость путей соответствует длине состава транзитного поезда. Глубокая переработка местных вагонопотоков требует многократной сортировки, мощности же отдельных назначений (групп) обычно не хватает, чтобы выделять под одно назначение отдельный сортировочный путь [2]. Превышение количества назначений над количеством путей приводит к появлению непроизводительной повторной сортировки вагонов и существенно снижает перерабатывающую способность СС по основному виду работы – переработке транзитных поездов дальних назначений. Влияние повторной переработки местных вагонопотоков на перерабатывающую способность СС учтено в существующих методиках (которые не выделяют потери, связанные с многогруппной сортировкой местных вагонов, и предусматривают расчет перерабатывающей способности горки при суммарном объеме повторной сортировки не более 25 %, что видно из таблицы 1).

В результате техническое оснащение и возможности крупных автоматизированных сортировочных горок



Рис. 1. Зависимость допустимой переработки от числа назначений. Станция Инская, нечетная система («Схема размещения и программа совершенствования работы и развития сортировочных станций ОАО «РЖД» на 2016–2025 гг.» (информация за 2012 г.)) [4]

Таблица 1

## Нормативные значения коэффициента повторной сортировки [1]

Вместимость сортировочного парка, вагоны, кол-во*	Коэффициент $\mu_{повт}$ при соотношении $\Psi$ (вместимость сортировочного парка к произведению числа назначений плана формирования на средний состав отправляемых поездов)					
	1,00	1,05	1,10	1,15	1,20	1,25
Менее 500	1,18	1,14	1,09	1,06	1,04	1,01
1000	1,16	1,12	1,08	1,06	1,04	1,01
1500 и более	1,14	1,09	1,06	1,04	1,03	1,01

Таблица 2

## Грузонапряженность железных дорог СССР и США (I класс)

Показатель	1950		1960		1970		1980		1990	
	СССР	США	СССР	США	СССР	США	СССР	США	СССР	США
Грузонапряженность, млн т-км/км экспл. длины	5,2	2,65	12,1	2,72	18,5	3,61	24,3	5,44	25,2	8,3

(повышенной, большой и средней мощности) при многогруппной сортировке используются мало и глубина переработки местных вагонопотоков недостаточна (из-за нехватки сортировочных путей) для качественного улучшения маневровой работы с ними на конечных пунктах адресации вагонов. В результате работа по многогруппной сортировке на большинстве станций минимизируется и сводится к формированию «многогруппных» поездов – не более пять-шесть, а чаще – три-четыре группы.

В условиях низкой определенности формирования грузо- и вагонопотоков, для обеспечения состояния постоянной готовности к перевозке предусматриваются существенные резервы путевого развития и мощности станционных устройств. Концепция развития инфраструктуры железных дорог в капиталистических странах отличалась от советской (таблица 2 [5]); представление о загрузке сети и отдельных объектов косвенно дает величина грузонапряженности. Так, например, в 1980 г.

она отличалась практически в пять раз, т. е. железные дороги СССР работали со значительно большими объемами.

Иная форма организации экономики в США и Западной Европе вынуждала обеспечивать резервы путевого развития, при которых не создается ситуация, когда количество назначений превышает количество сортировочных путей, основным критерием оценки качества работы при этом был расход топлива тепловозами, работающими на горках [6]. Учитывая отсутствие практической потребности в организации многогруппной сортировки вагонов в условиях ограниченного путевого развития, методы решения данной проблемы за рубежом практически не разрабатывались. При необходимости глубокой подборки вагонов на СС сооружались отдельные специализированные вспомогательные сортировочные парки с большим количеством путей. В процессе реконструкции станций сооружаются парки, предназначенные для повторной сортировки вагонов [7, 8]. Последовательное размещение с основным

\* Учитываются пути, выделенные для накопления вагонов по назначениям плана формирования поездов.

сортировочным парком местного сортировочного парка имеется на станциях Инглвуд, Янг (США). Группировочные парки (10–14 путей), размещенные рядом с хвостовой частью сортировочного парка, имеются на станциях Ситико, Джон Севье, Эрнст Норрис. В Канаде существуют более крупные местные парки, например, в Торонто, где последовательно с основным парком из 67 путей расположен местный сортировочный парк из 50 путей. В Англии на станции Тинсли последовательно с четырьмя крайними путями основного сортировочного парка также расположен местный сортировочный парк из 25 путей с горкой для повторной сортировки и подборки местных вагонов. Во Франции, Германии и Швейцарии на СС сооружены группировочные парки для повторной сортировки местных вагонов, с числом путей от 8 до 12. Многогруппная сортировка выполняется с использованием количества путей, соответствующего числу назначений. Местные сортировочные парки, расположенные последовательно с основным, есть практически на всех крупных станциях. Подобное решение на отечественных СС может быть применено весьма ограничено из-за сложившейся топологии станций, схемных решений и отсутствия в ряде случаев резерва территории для развития [9].

Таким образом, для решения задачи эффективной организации многогруппной сортировки вагонов на отечественных железных дорогах нужны специальные методы работы, не имеющие широкого распространения за рубежом (их отсутствие объясняется значительным путевым развитием), а также методики расчета параметров технического оснащения и технологии работы сортировочных устройств и станций.

Для решения этой задачи можно использовать так называемые вспомогательные сортировочные устройства – ВСУ [10, 11, 12], которые при реализации особой технологии многогруппной сортировки [10, 11, 13, 14] позволяют создать отдельную специализированную

технологическую линию для глубокой переработки местных вагонов.

Разгрузка горки основной СС может быть обеспечена не только созданием на этой же станции ВСУ, но и рассредоточением сортировочной работы с местными вагонами в узле за счет передачи переработки части местного вагонопотока на одну или несколько других станций узла. А само устройство, выполняющее работу по подборке вагонов, может быть как вспомогательным, так и основным. В этом случае действует специализация станций в узле по видам сортировочной работы: переработка транзитного вагонопотока – на СС станции, глубокая переработка местного вагонопотока – на специализированной грузовой или вспомогательной СС узла. Такого рода специализация станций создает хорошие возможности для применения более производительной технологии переработки вагонов, которая может быть реализована при условии адаптации конструктивных и технологических параметров сортировочного устройства вспомогательной станции.

Осуществлять глубокую подборку вагонов в условиях существенного превышения числа групп над числом путей целесообразно с помощью интенсивных технологий формирования многогруппных составов, основанных на применении комбинаторного, степенного, ступенчатого дублирующего и других методов [10, 11]. Они позволяют осуществлять сортировку в условиях ограничения количества и длины путей. Это важное преимущество, т. к. большая часть СС имеет ограниченные возможности развития, а создание крупных парков на небольших станциях или путях не общего пользования – дорогостоящее мероприятие.

Создание в узлах специализированных сортировочных устройств для глубокой переработки местных вагонопотоков ставит задачу обоснования их конструкции и технологии работы с учетом структуры перерабатываемого вагонопотока. В связи с этим необходима модель работы сортировочного устройства,

чья технология основана на применении интенсивных методов формирования многогруппных составов.

Анализ работ в этой области [10, 11, 13–17] позволяет классифицировать существующие модели по функциональному признаку.

1. Технологические оперативные модели, используемые в процессе эксплуатационной работы. Важное свойство подобных моделей – связь с программными комплексами, работающими непосредственно на станции. Другими словами, в программу должна поступать информация либо о структуре прибывшего состава, либо о вагонах, находящихся на сортировочном пути, с которого будет осуществляться вытягивание вагонов.

Пример подобной модели – программа «Электронный составитель», основным назначением которой является определение варианта плана маневровой работы для конкретного состава с учетом оперативной обстановки на станции. Под этим понимается число групп в составе, количество путей (концов путей) и их длина. Разработка программы велась еще в 80-х гг. [14], однако до сих пор она не применяется, в частности, из-за недостаточно полного учета особенностей структуры перерабатываемого вагонопотока (например, особые условия маневровой работы с вагонами, загруженными опасными грузами), что ведёт за собой вмешательство работников и неизбежные изменения в плане маневровой работы, формируемой моделью. В алгоритме программы используется только комбинаторный метод многогруппной подборки вагонов, который считается наиболее эффективным, несмотря на наличие и других данных [16]. Такая базальтернативная технология не позволяет осуществлять сравнительную оценку вариантов сортировки (которых, с учетом разнообразия методов сортировки, достаточное количество), основываясь на временных или эксплуатационных затратах. Подобные программы не позволяют решать задачи

оптимизации технологии или конструкции сортировочного устройства, однако вполне могут быть использованы в определенных условиях, например, при организации работы по подборке порожних вагонов под погрузку для различных грузоотправителей или же подборке под фронт погрузки.

Например, использование таких моделей возможно на контейнерных терминалах. Имея группу неупорядоченных порожних вагонов, необходимо выбрать, во-первых, нужные под погрузку вагоны, а, во-вторых, поставить их на фронт погрузки таким образом, чтобы расстановка соответствовала специализации контейнерной площадки, что значительно сократит пробег погрузочно-выгрузочных устройств. Таким образом, при однородном перерабатываемом вагонопотоке подобные программы вполне работоспособны.

2. Оптимизационные оперативные модели, позволяющие решать ряд задач, связанных с выбором рациональной технологии формирования многогруппных составов [13, 15, 16]. Эти модели содержат элементы системы поддержки принятия решений, поскольку позволяют автоматически сравнивать различные варианты технологии многогруппной сортировки с использованием определенного критерия (расходы на маневровую работу, затраты времени). Работы разных авторов отличаются друг от друга, в частности, выбором критерия, в соответствии с которым будет производиться поиск наилучшего метода. В качестве такого критерия может приниматься коэффициент повторной сортировки, а в [14] – количество маневровых передвижений. Ряд авторов использует критерий суммарного времени на расформирование состава [10, 13]. Помимо этого, в качестве критерия могут использоваться эксплуатационные расходы на маневровые операции [16].

Технология работы с вагонами, запрещенными к роспуску с горки (или требующих особых условий выполнения маневров на вытяжке), не учитывается ни в одной из предложенных



моделей. Если перед исследованием ставится задача определения реальных временных затрат, например, для определения перерабатывающей способности, то отсутствие учета подобных вагонов даст существенную погрешность. Таким образом, данная модель имеет в своём составе элементы оперативной модели, однако основной её задачей является выбор рационального варианта технологии формирования многогруппного состава.

3. Расчетные (проектные) модели, позволяющие обосновать конструкцию сортировочного устройства и путей, предназначенных для осуществления многогруппной сортировки.

Модели такого рода позволяют определить конструктивные параметры сортировочных устройств и парка. Существующие модели не предполагают оптимизации конструктивных параметров с учетом возможности разной технологии сортировки [10]. Модель не предусматривает выбор вариантов технологии формирования многогруппного состава, используя в качестве основы только один метод: последовательное выделение групп. Такой метод позволяет сформировать многогруппный состав за две сортировки и одну сборку, что становится некоторым компромиссом между необходимым путевым развитием для формирования поездов и временем на формирование, т. е. перерабатывающей способностью. Увеличение количества групп компенсируется увеличением потребного количества группировочных путей. Данные, полученные на основе модели, позже включены в нормативы [12]. В них входят рекомендации по путевому развитию и длине путей. Важно заметить, что способ, предложенный В. В. Григорьевым [10], достаточно требователен к путевому развитию, но обеспечивает более высокую перерабатывающую способность по сравнению с другими методами. Так, минимальная перерабатывающая способность, обеспечиваемая ВСУ [10], с использованием горки малой мощности составляет 700 ваг./сут. Однако формирование

многогруппных поездов и подач не всегда производится в больших объемах. Следовательно, ВСУ может ограничиться значительно меньшим путевым развитием при условии меньшей потребной перерабатывающей способности, а также меньших затрат по сооружению путевого развития. Таким образом, возникает задача определения путевого развития и технологии работы, обеспечивающих необходимый и достаточный уровень перерабатывающей способности. В модели [10] также не учитывается работа с вагонами ЗСГ, что значительно влияет на реальное время расформирования, а значит, и на перерабатывающую способность ВСУ.

Технологическая оперативная модель позволяет организовать многогруппную сортировку на ограниченном числе путей с использованием интенсивной технологии формирования; оптимизационная, помимо этого, позволяет определить наилучший вариант технологии при известных конструктивных параметрах сортировочного устройства; проектная предназначена для определения конструктивных параметров при известной структуре состава и методе сортировки.

Выполненный анализ функциональных особенностей и принципов работы существующих моделей многогруппной сортировки позволяет сформировать универсальную структуру программно-технологического комплекса моделирования работы сортировочного устройства, работающего на основе технологий интенсивного формирования составов. Предлагаемая структура модели комплекса многогруппной подборки вагонов приведена на рис. 2.

На рис. 2 представлен функциональный состав модели и основные элементы программной архитектуры – модули решения задач. Связи между модулями – функциональные, каждый модуль может быть реализован в виде отдельного блока, необходимость использования которого определяется сферой применения модели.

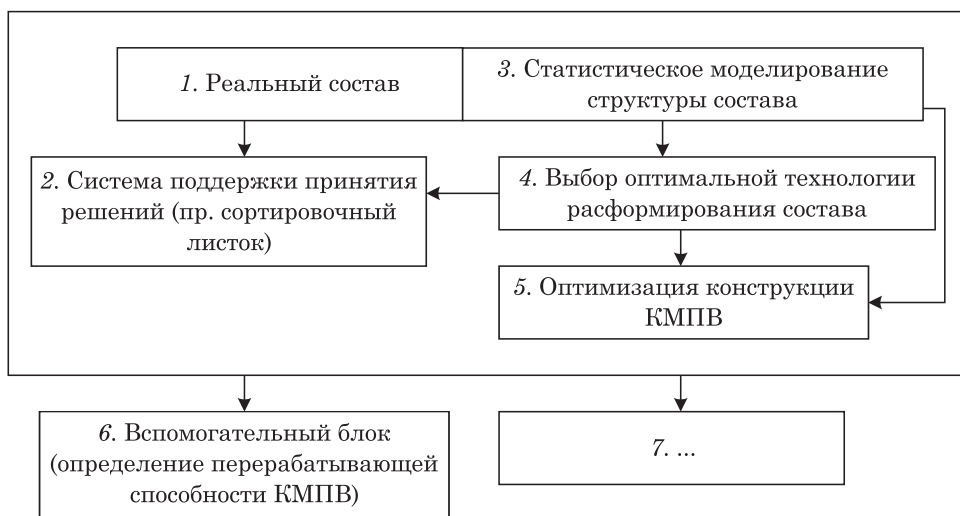


Рис. 2. Универсальная модульная структура программно-технологического комплекса моделирования многогруппной подборки вагонов

Схема состоит из нескольких блоков. С использованием только блоков 1 и 2 будет получена технологическая модель, 3 и 4 – оптимизационная модель, 3 и 5 – расчетная (проектная) модель. Кроме этого, к общему комплексу могут подключаться дополнительные вспомогательные блоки. Например, блок 6 – определение перерабатывающей способности, который, используя данные, полученные из модели, определяет перерабатывающую способность. Блок 7 показывает, что к модели могут быть подключены какие-либо другие произвольные задачи. Полностью системной (и одновременно – самой сложной) является модель, которая включает в себя все блоки, объединяя функциональные возможности всех видов моделей. В зависимости от конкретных задач блоки могут быть добавлены или убраны.

Для решения задач, связанных с особенностями проектирования ВСУ для многогруппной сортировки вагонов, потребуется использование блоков 3, 5 и 6. Это означает, что на выходе будет получена проектная модель, позволяющая определять конструктивные особенности сортировочного комплекса, а также его перерабатывающую способность.

Необходимость создания подобной модели обусловлена некоторыми недостатками существующих моделей. Это отсутствие учета вагонов, запрещенных к спуску с горки или требующих особых условий выполнения маневров на вытяжке. Наличие подобных вагонов значительно увеличивает время на расформирование составов, а значит, ограничивает перерабатывающую способность; использование в качестве сортировочного устройства только горки малой мощности без учета возможности осуществления глубокой подборки вагонов на вытяжных путях. Данный недостаток имеет большое значение, т.к. объемы работ по формированию многогруппных поездов могут быть освоены менее мощным устройством – вытяжкой; использование в проектной модели [10] метода последовательного выделения групп, ориентированного на большие потребные объемы переработки вагонов и, следовательно, требующего значительного путевого развития. Необходимость в подобном путевом развитии должна быть проанализирована с точки зрения технологии сортировки, а также потребной пропускной способности; применение для оценки затрат времени метода натуральных экспериментов [13]

не позволяет достоверно обобщать полученные результаты для возможных условий работы устройств с отличиями от параметров объекта, на котором проводились измерения, поскольку маневровые процессы (движение локомотива, отцепов) рассматриваются без детализации по влияющим факторам (в виде «черного ящика»), в зависимости только от длины полурейса. Это не дает возможности оценить влияние на длительность маневровой работы других параметров (массы отцепов, конструкции профиля сортировочного устройства и группировочных путей, схемных решений сортировочного устройства).

Выполненный анализ указывает на актуальность задачи разработки методики проектирования специализированных сортировочных устройств для многогруппной сортировки вагонов на основе моделирования технологических процессов. Анализ существующих моделей процесса многогруппной сортировки вагонов на ограниченном числе путей позволяет разделить их на три

типа и определить сферы их применения. Одной из основных перспективных задач является создание универсальной модели, которая позволит динамически менять различные параметры, влияющие друг на друга, подбирая рациональные технологические и проектные решения.

В результате анализа функциональных особенностей существующих моделей процесса многогруппной сортировки разработана структурная схема универсальной модели процесса многогруппной сортировки на основе модульного принципа компоновки функциональных задач. Модульное построение модели позволяет при необходимости вносить изменения в любой из модулей, не нарушая структурно-логической целостности всей модели. Определена потребность и условия разработки дополнительных функциональных модулей, работающих с данными модели, например, модулей определения временных затрат на производство маневров, определения перерабатывающей способности. ■

### Литература

1. Инструкция по расчету наличной пропускной способности железных дорог. М. : Техинформ, 2011. 289 с.
2. Правила и технические нормы проектирования станций и узлов на железных дорогах колеи 1520 мм. М. : МПС РФ, 2001. 255 с.
3. Бородин А. Ф. Схема размещения и развития сортировочных станций ОАО «РЖД» до 2015 года // Железнодорожный транспорт. 2008. № 1. С. 48–54. ISSN 0044-4448.
4. Стратегия развития железнодорожного транспорта в Российской Федерации до 2030 года. URL: [http://doc.rzd.ru/doc/public/ru?STRUCTURE\\_ID=704&layer\\_id=5104&id=3997](http://doc.rzd.ru/doc/public/ru?STRUCTURE_ID=704&layer_id=5104&id=3997) (дата обращения: 19.12.2015).
5. Курбатов Ф. С. Железнодорожный транспорт в России и США в условиях либерализации экономики (сопоставительный анализ) : автореф. дис... на соиск. уч. ст. канд. экон. наук. М., 2011. 25 с.
6. Nils Boysen, Simon Emde, Malte Fliender. The basic train makeup problem in shunting yards // Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2015. ISSN 0178-7667.
7. Скалов К. Ю., Савченко И. Е., Ветухов Е. А., Литвиновский Г. А., Нечаева Е. И. Развитие и реконструкция станция и узлов. М. : Изд-во «Транспорт», 1972. – 286 с.
8. Sudhir Kumar. Handbook of transportation engineering (2004) // Chapter 25. Improvement of railroad yard operations. P. 630–657.
9. Сивицкий Д. А. Комплекс предварительной сортировки вагонов для повышения эффективности параллельного роспуска на основной сортировочной станции // Прогрессивные технологии и процессы: сб. научн. статей Международной молодежной научно-практической конференции: в 2-х т. – Курск, 2014, С. 182–187. ISBN 978-5-9905749-6-0.
10. Григорьев В. В. Интенсификация сортировочной работы с местными вагонами при использовании вспомогательных сортировочных устройств : автореф. дис. ... на соиск. уч. ст. канд. техн. наук. – М., 1987. – 24 с.

11. Муха Ю. А., Тишков Л. Б., Шейкин В. П. и др. Пособие по применению правил и норм проектирования сортировочных устройств. М. : Транспорт, 1994. – 220 с.
12. Правила и нормы проектирования сортировочных устройств на железных дорогах колеи 1520 мм: утв. МПС РФ 10.10.03. – М. : Техинформ, 2003. 168 с.
13. Сковрон И. Я. Совершенствование методики оценки продолжительности формирования многогруппных составов // Транспортні системи та технології перевезень. – 2014. – Вып. 8. – С. 134–138. ISSN 2313-8688.
14. Макаров В. М. Ускоренное формирование многогруппных составов на ограниченном числе сортировочных путей / ЦНИИТЭИ МПС // Экспресс-информ.: организация движения и пассажирские перевозки. М., 1986. – Вып. 1. – 37 с.
15. Riko J., Marton P., Maue J., Nunkesser M. Multistage Methods for Freight Train Classification // NETWORKS, 2011. P. 88–105. ISSN 1097-0037.
16. Гренкевич О. О. Разработка методики выбора оптимального способа формирования многогруппных составов по критерию эксплуатационных расходов на маневровую работу : дис. ... на соиск. уч. ст. канд. техн. наук: 05.22.01, 05.22.08. – Новосибирск, 2004. – 177 с.
17. Briskorn D., Florian J. A Note on «Multistage Methods for Freight Train Classification» // NETWORKS. 2013. P. 80–81. ISSN 1097-0037.

### References

1. Instruktsiya po raschetu nalichnoy propusknoy sposobnosti zheleznykh dorog. [Instructions on the calculation of available railway capacity.] М.: Tekhinform, 2011. 289 s.
2. Pravila i tekhnicheskie normy proektirovaniya stantsiy i uzlov na zheleznykh dorogakh kolei 1520 mm. [Rules and technical standards of design of stations and junctions on 1,520 mm gauge railways.] М. : MPS RF, 2001. 255 s.
3. Borodin A. F. Skhema razmesheniya i razvitiya sortirovochnykh stantsiy OAO «RZhD» do 2015 goda [Layout and development of marshalling yards of JSC «Russian Railways» to 2015] // Zheleznodorozhniy transport. 2008. № 1. P 48–54. ISSN 0044-4448.
4. Strategiya razvitiya zheleznodorozhnogo transporta v Rossiyskoy Federatsii do 2030 goda. [Strategy of development of railway transport in the Russian Federation to 2030.] URL: [http://doc.rzd.ru/doc/public/ru?STRUCTURE\\_ID=704&layer\\_id=5104&id=3997](http://doc.rzd.ru/doc/public/ru?STRUCTURE_ID=704&layer_id=5104&id=3997) (date accessed: 19.12.2015).
5. Kurbatov F. S. Zheleznodorozhniy transport v Rossii i SShA v usloviyakh liberalizatsii ekonomiki (sopostavitelnyy analiz) : avtoref. dis... na soisk. uch. st. kand. ekon. nauk. [Railway transport in Russia and the United States in the context of liberalization of economy (benchmarking): abstract of PhD in Economy Thesis] М., 2011. 25 s.
6. Nils Boysen, Simon Emde, Malte Fliender. The basic train makeup problem in shunting yards // Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2015. ISSN 0178-7667.
7. Skalov K. Yu., Savchenko I. E., Vetukhov E. A., Litvinovskiy G. A., Nechaeva E. I. Razvitie i rekonstruktsiya stantsiya i uzlov. [Development and reconstruction of stations and junctions.] М.: Izd-vo «Transport», 1972. – 286 s.
8. Sudhir Kumar. Handbook of transportation engineering (2004) // Chapter 25. Improvement of railroad yard operations. S. 630–657.
9. Sivitskiy D. A. Kompleks predvaritelnoy sortirovki vagonov dlya povysheniya effektivnosti parallelnogo rospuska na osnovnoy sortirovochnoy stantsii [Preliminary marshalling complex for improvement of efficiency of parallel automatic shunting in the main yard] // Progressivnye tekhnologii i protsessy : sb. nauchn. statey Mezhdunarodnoy molodezhnoy nauchno-prakticheskoy kontserentsii: v 2-kh t. – Kursk, 2014. S. 182–187. ISBN 978-5-9905749-6-0.
10. Grigoriev V. V. Intensifikatsiya sortirovochnoy raboty s mestnymi vagonami pri ispolzovanii vspomogatelnykh sortirovochnykh ustroystv: avtoref. dis. ... na soisk. uch. st. kand. tekhn. nauk. [Intensification of shunting operations with local rail cars using auxiliary marshalling yard facilities: Abstract from PhD in Engineering Thesis] – М., 1987. – 24 s.
11. Mukha Yu. A., Tishkov L. B., Sheykin V. P. i dr. Posobie po primeneniyu pravil i norm proektirovaniya sortirovochnykh ustroystv. [Manual for the application of the rules and standards of designing marshalling yard facilities.] М. : Transport, 1994. – 220 s.
12. Pravila i normy proektirovaniya sortirovochnykh ustroystv na zheleznykh dorogakh kolei 1520 mm: utv. MPS RF 10.10.03. [Rules and standards for the design of marshalling yard facilities on 1,520 mm gauge railways] – М. : Tekhinform, 2003. 168 s.

13. Skovron I. Ya. Sovershenstvovanie metodiki otsenki prodolzhitelnosti formirovaniya mnogogruppnykh sostavov [Improvement of methodology for assessing the duration of formation of multi-group trains] // Transportni sistemi ta tekhnologii perevezen. – 2014. – Issue 8. – S. 134–138. ISSN 2313-8688.
14. Makarov V.M. Uskorennoe formirovanie mnogogruppnykh sostavov na ogranichenom chisle sortirovochnykh putey [Accelerated formation of multi-group trains on a limited number of ways of marshaling tracks] / TsNIITEI MPS // Ekspres-inform.: organizatsiya dvizheniya i passazhirskie perevozki. M., 1986. – Issue 1. – 37 s.
15. Riko J., Marton R., Maue J., Nunkesser M. Multistage Methods for Freight Train Classification // NETWORKS, 2011. S. 88–105. ISSN 1097-0037.
16. Grenkevich O.O. Razrabotka metodiki vybora optimalnogo sposoba formirovaniya mnogogruppnykh sostavov po kriteriyu ekspluatatsionnykh raskhodov na manevrovuyu rabotu: dis. ... na soisk. uch. st. kand. tekhn. nauk: [Development of a technique for choosing the optimal method of forming multi-group trains according to shunting-associated operating costs: PhD in Engineering Thesis] 05.22.01, 05.22.08. – Novosibirsk, 2004. – 177 s.
17. Briskorn D., Florian J. A Note on «Multistage Methods for Freight Train Classification» // Networks. 2013. S. 80–81. ISSN 1097–0037.

*Статья сдана в редакцию 17 декабря 2015 года*

УДК 625.7.324(075)

*Н. Г. Шешера*

## Чувствительность методики коэффициентов травматизма

UDC 625.7.324(075)

*N. G. Sheshera*

## Sensitivity of injury frequency rate method

### Аннотация

В статье рассмотрена предлагаемая автором методика коэффициентов травматизма, которая развивает и совершенствует предложенную ранее методику коэффициентов аварийности [1]. Определено влияние некоторых дорожных факторов на возникновение аварии с травматизмом. Каждому фактору рассчитан свой коэффициент, позволяющий определить процент вероятности возникновения аварий с травматизмом и их тяжесть. Влияние коэффициентов проверено с помощью программы PASW Statistics 18, построена ROC-кривая. При расчете чувствительности и специфичности получен предельный уровень травматизма. Предложен гибкий способ применения, проведен эксперимент применения методики коэффициентов травматизма на участке дороги с высоким уровнем травматизма (г. Хабаровск). Дорожная обстановка на выбранном участке практически не менялась с 2013-го года. Проведены аналитический разбор графических карт участка и натурные измерения.

**Ключевые слова:** проблема аварийности, дорожный травматизм, коэффициенты травматизма, анализ дорожной обстановки.

DOI:10.20291/2079-0392-2016-1-116-122

### Summary

The article describes injury frequency rate methodology proposed by the author, which elaborates and improves accident frequency rate methodology, previously proposed by Professor V.F. Babkov [1]. The influence of certain road factors on the occurrence of road accidents with injuries is determined. An individual coefficient is calculated for each factor, which allows to determine the percentage of probability of accidents with injuries and their severity. The influence of coefficients has been verified using PASW Statistics 18 software; ROC-curve has been created. Limiting level of injuries has been obtained from calculation of sensitivity and specificity. A flexible application method is proposed; an experiment involving the use of injury factors technique has been performed on a road section with a high level of injury rate (Khabarovsk). Traffic situation in the selected section remained virtually unchanged from 2013. Analytical analysis of the graphic maps of the area and field measurements have been performed.

**Keywords:** accident rate problem, road traffic injuries, injury rates, road conditions analysis.

DOI:10.20291/2079-0392-2016-1-116-122

---

Николай Геннадьевич Шешера, аспирант; кафедра «Мосты тоннели и подземные сооружения», Дальневосточный государственный университет путей сообщения; Хабаровск, Россия. E-mail: kolyaka239@mail.ru.

Nikolay Gennadievich Sheshera, PhD student; Bridges, Tunnels and Underground Structures Department, Far Eastern State University of Railways; Khabarovsk, Russia. E-mail: kolyaka239@mail.ru.

Качество иллюстраций соответствует качеству представленных оригиналов.



Для настоящего исследования отбор причин ДТП из общего их количества производился по критерию тяжести их последствий. Так, была разработана методика коэффициентов травматизма [2, 3] (таблица 1). Каждый транспортный показатель и геометрический элемент дороги несёт свою вероятность возникновения ДТП, в том числе с пострадавшими. Влияние этих факторов изменяется от их количества или их комбинаций.

Применение методики коэффициентов травматизма основывается на изучении геометрических элементов и дорожных факторов участка, на котором необходимо определить уровень травматизма. Полученным данным присваивается соответствующий определенный коэффициент травматизма, и далее строится линейный график (рис. 3), где коэффициенты травматизма суммируются определяя  $K_{т(итог)}$ . По результатам  $K_{т(итог)}$  строится диаграмма, по которой можно выделить аварийные участки и вероятность возникновения ДТП с травматизмом:

$$K_{т(итог)} = K_{т1} + K_{т2} + K_{т3} + \dots + K_{т9}.$$

Для проверки методики коэффициентов травматизма нами выбран участок дороги с самой травмоопасной обстановкой. Натурные исследования аварийности в г. Хабаровске и анализ

топографической карты в отделе дорожного надзора полка ДПС ГИБДД УМВД России по Хабаровску за 2013–2014 гг. позволили сделать вывод, что таким участком является ул. Суворова от ул. П. Морозова до ул. Малиновского (рис. 1, 2).

Далее обследованы геометрические элементы рассматриваемого участка с признаками дорожных факторов, влияющих на травматизм по определенным коэффициентам (таблица 1).

Результаты занесены в линейный график коэффициентов травматизма (рис. 3).

По сумме коэффициентов построена диаграмма вероятности возникновения травматизма (см. вторую строку снизу на рис. 3). На диаграмме видны три участка с высокой вероятностью травматизма. Опорной точкой вероятности возникновения либо отсутствия травматизма стала графически определенная пограничная сумма баллов, равная 2,09 (рис. 4) [2].

При сопоставлении диаграммы вероятности возникновения травматизма с топографическим анализом дорожного надзора (см. рис. 3) наблюдается точное совпадение мест очагов аварийности. Разница лишь в том, что в одном случае очаги получены в результате их свершения и их последующей фиксации на улично-дорожной карте

Таблица 1

Коэффициенты травматизма

Дорожный фактор	Обозначение	Значение
Две полосы движения	$K_{т1}$	–0,34556
Ширина проезжей части до 18–18 (9), м	$K_{т2}$	1,44674
Наличие обочины шириной 3 м	$K_{т3}$	2,9149
Ограничение видимости в плане от 200 м	$K_{т4}$	1,312754
Покрытие шероховатое, новое. Коэффициент сцепления 0,75	$K_{т5}$	0,937902
Наличие тротуара шириной $\leq 4$ м	$K_{т6}$	1,262661
Средняя скорость движения 60 км/ч	$K_{т7}$	–0,04846
ДТП произошедшие на пешеходном переходе	$K_{т8}$	1,59205
Радиус кривых в плане 200–349,9 м	$K_{т9}$	2,09848



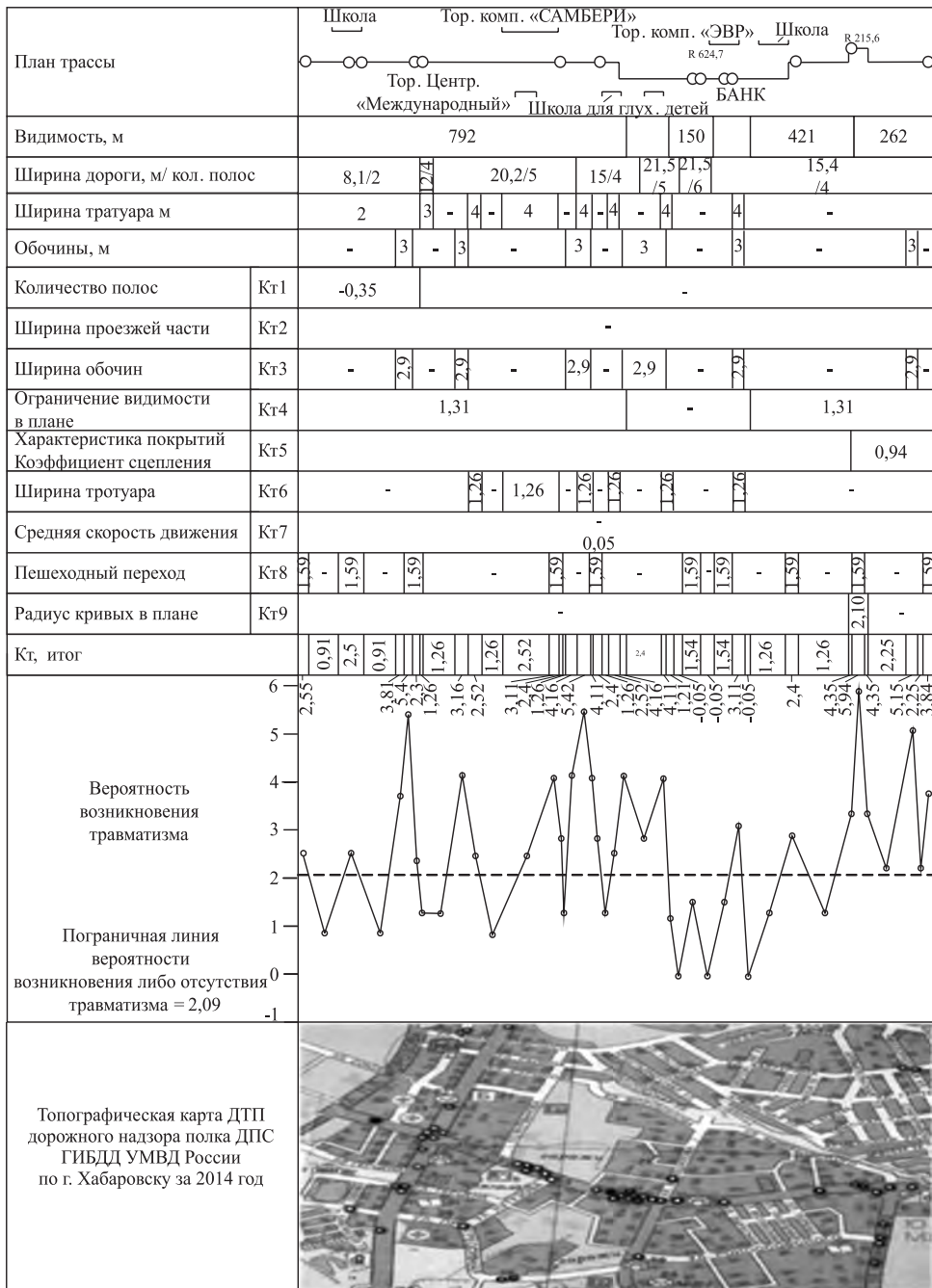


Рис. 3. Линейный график коэффициентов травматизма ул. Суворова от ул. Павла Морозова до ул. Малиновского

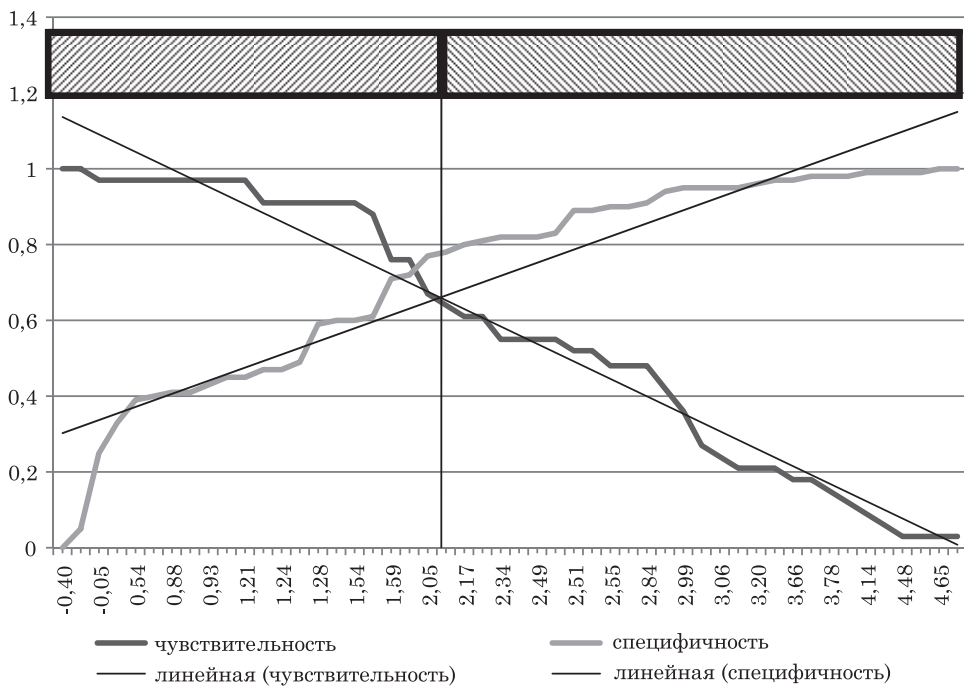


Рис. 4. Диаграмма соотношения чувствительности и специфичности

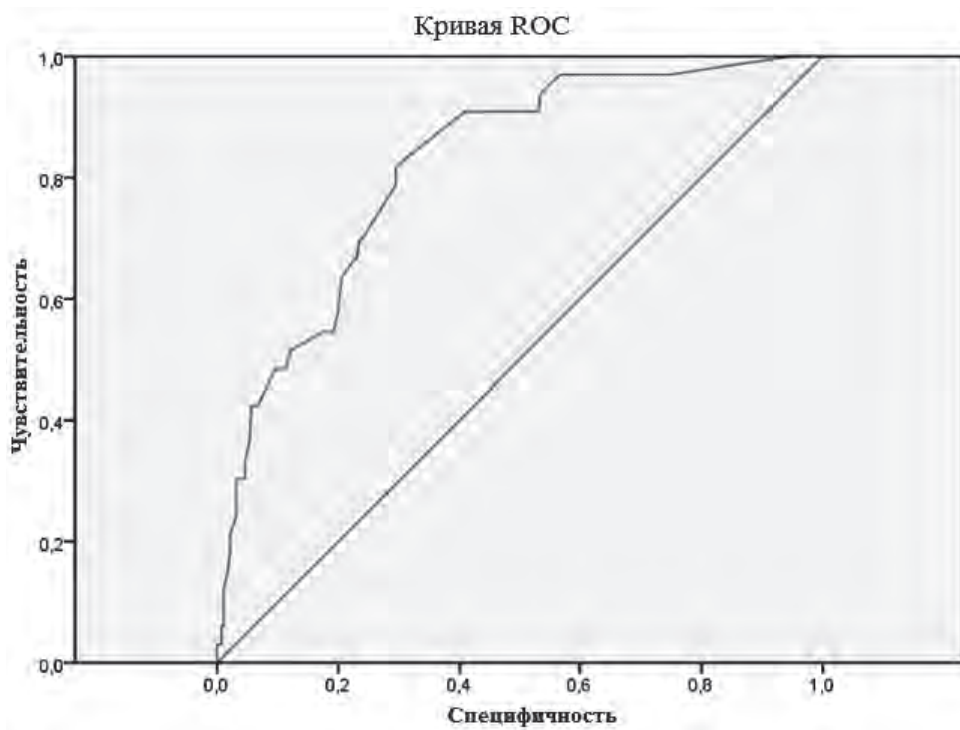


Рис. 5. Характеристическая кривая

Таблица 2

## Площадь под кривой. Тестовая переменная

S	Стандартная ошибка	Асимптотическая значимость	Асимптотический 95%-ный доверительный интервал	
			нижняя граница	верхняя граница
0,820	0,036	0,000	0,750	0,891

города, а в другом случае – по показателям геометрических элементов дороги. Это означает, что методика коэффициентов аварийности способна предсказать будущие места возникновения ДТП с травматизмом с высокой долей вероятности.

По результатам исследования можно сделать вывод о чувствительности диаграммы «Вероятность возникновения травматизма» к фактическому травматизму по сводкам ГИБДД.

По значениям чувствительности и специфичности рабочей модели с помощью программы PASW Statistics 18 построена кривая (ROC – кривая, от англ. Receiver Operating Characteristic (ROC) curve) (рис. 5).

Рассчитана площадь под характеристической кривой (Area Under Curve, AUC) (таблица 2).

Приблизительная шкала значений AUC, отражающая качество диагностического теста:

AUC = 0,9–1,0 – отличное качество,

AUC = 0,8–0,9 – высокое,

AUC = 0,7–0,8 – хорошее,

AUC = 0,6–0,7 – среднее, AUC = 0,5–0,6 – плохое (неудовлетворительное).

В нашем случае площадь под кривой (см. таблицу 2 и рис. 5) составила 0,82 (95% ДИ 0,75–0,89), что показывает

высокое качество разработанной прогностической шкалы.

Тестовая переменная имеет, по крайней мере, одно совпадение в положительных и отрицательных группах реального состояния. Статистики могут быть смещёнными: а) в непараметрическом случае и б) при нулевой гипотезе: истинная площадь = 0,5% от всего объема.

Методика коэффициентов травматизма показала высокую точность прогнозирования и высокую чувствительность при сравнении реальной локализации очагов аварийности с травматизмами с расчетными показателями предложенной методики.

Приведённые доказательства работы методики коэффициентов травматизма можно считать достаточными и рекомендовать для применения в работе по безопасности дорожного движения как службами ГИБДД, так и дорожными организациями при строительстве, реконструкции и содержании дорожных сетей. Графический анализ кривой ROC подтвердил прогностическую работоспособность методики, а апробация на городской улице не оставило сомнения в точности выявляемых участков с высоким уровнем травматизма. ■

### Литература

1. Бабков В.Ф. Дорожные условия и безопасность движения: учебник для вузов. – М. : Транспорт, 1993. – 271 с. ISBN 5-277-01402-0.
2. Пугачёв И.Н., Шешера Н.Г. Исследование дорожной обстановки в местах свершения ДТП с позиций травматизма // Автотранспортное предприятие. 2015. № 7. С. 43–46. ISSN 2076-3050.
3. Предложения по развитию технических и технологических методов и средств в системе управления качеством продукции в транспортном строительстве/ И.Н. Пугачёв, Н.Г. Шешера, А.А. Попов // Дальний Восток: проблемы развития архитектурно-строительного и дорожно-транспортного комплекса : материалы Международной

научно-практической конференции. – Хабаровск : Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2015. – Вып. 15. (Научные чтения памяти профессора М. П. Даниловского). – С. 69–73. ISBN 978-5-7389-1840-7.

#### References

1. Babkov V. F. Dorozhnye usloviya i bezopasnost dvizheniya: uchebnyy dlya vuzov. [Road conditions and traffic safety: a textbook for universities.] – М. : Transport, 1993. – 271 s. ISBN 5-277-01402-0.
2. Pugachyov I. N., Sheshera N. G. Issledovanie dorozhnoy obstanovki v mestakh sversheniya DTP s pozitsiy travmatizma [Study of road conditions in places of accident in terms of injury rate] // Avtotransportnoye predpriyatie. 2015. № 7. S. 43–46. ISSN 2076-3050.
3. Predlozheniya po razvitiyu tekhnicheskikh i tekhnologicheskikh metodov i sredstv v sisteme upravleniya kachestvom produktsii v transportnom stroitelstve [Proposals for the development of technical and processing methods and facilities in quality management system in transport construction industry] / I. N. Pugachyov, N. G. Sheshera, A. A. Popov // Dalniy Vostok: problemy razvitiya arkhitekturno-stroitel'nogo i dorozhno-transportnogo kompleksa: materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. – Khabarovsk : Izd-vo Tikhookean. gos. un-ta, 2015. – Issue 15. (Nauchnye chteniya pamyati professora M. P. Danilovskogo). – S. 69–73. ISBN 978-5-7389-1840-7.

*Статья сдана в редакцию 12 декабря 2015 года*



*Ю. А. Кочунов, А. А. Ягодин, Р. А. Никифоров*

## Анализ работы поддерживающих конструкций ВЛ 6–10 кВ

*Yu. A. Kochunov, A. A. Yagodin, R. A. Nikiforov*

## Analysis of performance of supporting structures of 6–10 kV overhead lines

### Аннотация

Одним из важных показателей работы системы электроснабжения является безотказное и бесперебойное питание потребителей первой категории. К таким объектам относятся устройства сигнализации централизации и блокировки (СЦБ), питание которых осуществляется по воздушным линиям (ВЛ) напряжением 6–10 кВ.

В настоящее время в эксплуатации хозяйств электрификации и электроснабжения находятся около 2,2 млн кронштейнов ВЛ напряжением 6–10 кВ. Кроме того, до 2030 г. при строительстве новых линий будут введены около 100 тыс. кронштейнов, а при модернизации и реконструкции линий дополнительно смонтировано около 25 тыс. кронштейнов ВЛ напряжением 6–10 кВ.

Несмотря на значительный объем проведенных технических и организацион-

ных мероприятий по совершенствованию устройств электроснабжения железных дорог и методов их обслуживания, позволяющих снизить повреждаемость в несколько раз, надежность этих систем недостаточно высока. Это обусловлено тем, что кронштейны и изоляторы рассматриваются как отдельные элементы, имеющие свои нормы эксплуатации, технические условия диагностирования, области отказов, срок службы.

В настоящей статье рассмотрены основные причины отказов поддерживающих конструкций на основании статистических данных полученных в процессе эксплуатации. Представлена компьютерная модель, реализуемая в программном комплексе SolidWorks, которая предназначена для определения механической прочности кронштейнов КВЛЦ-50, СИП-3, СИП-3п, М-2 и при-

меняемых на них изоляторов ШФ-20Г, ПС-70Е. По полученным данным определены наиболее уязвимые по прочности элементы рассмотренных устройств.

Целью данной работы является расчет механического напряжения, возникающего от сил тяжести проводов и силы аэродинамического сопротивления на кронштейны и изоляторы, с целью определения их прочностных характеристик.

**Ключевые слова:** кронштейн, изолятор, надежность, модель, отказ, анализ, нагрузка.

DOI:10.20291/2079-0392-2016-1-123-131

### Summary

One of the major performance indicators of a power supply system is trouble-free and uninterrupted power supply of 1<sup>st</sup> category consumers, which include signaling, centralization and blocking de-

**Юрий Александрович Кочунов**, старший преподаватель; кафедра «Электроснабжение транспорта» Уральского государственного университета путей сообщения; Екатеринбург, Россия. E-mail: yukochunov@mail.ru.

**Артем Александрович Ягодин**, магистрант; Уральский государственный университет путей сообщения; Екатеринбург, Россия. E-mail: artemus\_9@mail.ru.

**Роман Александрович Никифоров**, студент; Уральский государственный университет путей сообщения; Екатеринбург, Россия. E-mail: Romka-niki@yandex.ru.

**Yuriy Aleksandrovich Kochunov**, Senior Lecturer; Transport Power Supply Department, Ural State University of Railway Transport; Ekaterinburg, Russia. E-mail: yukochunov@mail.ru.

**Artem Aleksandrovich Yagodkin**, MSc Candidate; Ural State University of Railway Transport; Ekaterinburg, Russia. E-mail: artemus\_9@mail.ru.

**Roman Aleksandrovich Nikiforov**, student; Ural State University of Railway Transport; Ekaterinburg, Russia. E-mail: Romka-niki@yandex.ru.

vices (SCB), powered by 6–10 kV overhead lines (HVL).

Currently, electrification and power supply facilities operate about 2.2 million 6–10 kV HVL brackets. In addition, about 100 thousand brackets will be introduced during construction of new lines up to 2030, and additional 25 thousand of 6–10 kV HVL brackets will be installed as a part of modernization and reconstruction of HV lines.

Despite significant amount of technical and organizational measures taken to improve railway power supply devices and methods for their main-

tenance, which reduced the damage rate several times, the reliability of these systems is insufficient. This is due to the fact that brackets and insulators are treated as separate elements, having their own operating rules, technical conditions of diagnosis, fault areas, life span.

This article addresses the main reasons for failures of supporting structures, on the basis of statistical data obtained in service. A computer model is presented, realized in SolidWorks software package, which is intended to determine mechanical strength of KV-

LTS-50, SIP-3, SIP-3p, M-2 brackets and SHF-20G, PS-70E insulators used with them. Using the received information, the most vulnerable in terms of strength elements of the above devices were identified.

The aim of this work is to calculate the mechanical stress resulting from wires gravity load and aerodynamic drag forces, acting on the brackets and insulators to determine their strength properties.

**Keywords:** bracket, insulator, reliability, model, failure, analysis, load.

DOI:10.20291/2079-0392-2016-1-123-131

**К** системе электроснабжения предъявляются особые требования по безотказности работы, так как объекты железнодорожного транспорта являются потребителями электрической энергии первой категории.

Помимо питания электрической тяги, система электроснабжения обеспечивает энергией следующие потребители железнодорожной инфраструктуры: устройства сигнализации централизации и блокировки (СЦБ), нетяговые железнодорожные и не железнодорожные потребители (здания вокзалов,

переезды, компрессорные станции, депо и др.), питание которых осуществляется по воздушным линиям (ВЛ) напряжением 6–10 кВ продольного электроснабжения (ПЭ).

В хозяйстве электрификации и электроснабжения находится в эксплуатации 108724,1 км воздушных и кабельных линий электроснабжения устройств СЦБ и нетяговых потребителей. В 2014 г. количество отказов технических средств по электроснабжению устройств СЦБ и нарушениям работы рельсовых цепей составило 330

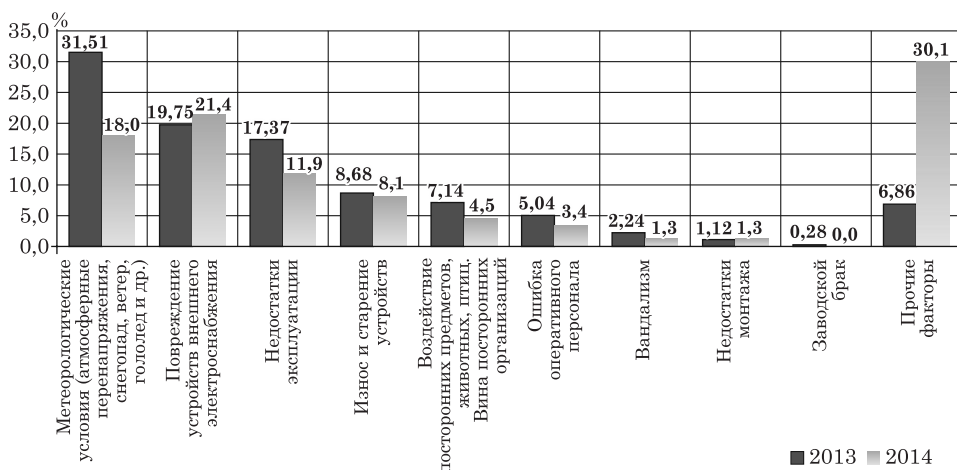


Рис. 1. Статистические данные основных факторов, повлиявших на нормальную работу ВЛ СЦБ и ПЭ

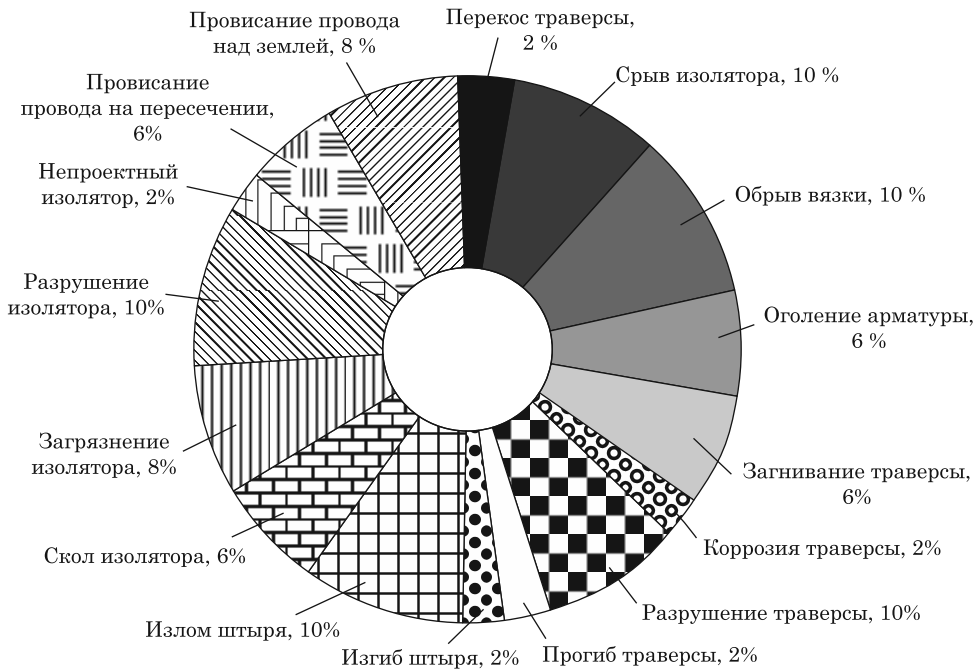


Рис. 2

случаев. Основные факторы, повлиявшие на нормальную работоспособность электроснабжения устройств СЦБ и ПЭ, в процентном соотношении в сравнении с 2013 г. представлены на рис. 1 [1].

Из статистического анализа определен перечень характерных дефектов элементов поддерживающих конструкций воздушных ЛЭП 6–10 кВ (рис. 2) [1].

Из рис. 2 следует, что 48% отказов возникают из-за механических повреждений изоляторов и узлов их фиксации, 18% отказов связаны с нарушениями механических свойств кронштейнов (разрушение, коррозия, загнивание).

На рис. 3 представлены основные дефекты поддерживающих конструкций ВЛ СЦБ и ПЭ [2].

а)



б)



Рис. 3. Дефекты поддерживающих конструкций ВЛ  
а – срыв изолятора со штыря; б – разрушение кронштейна в узле крепления

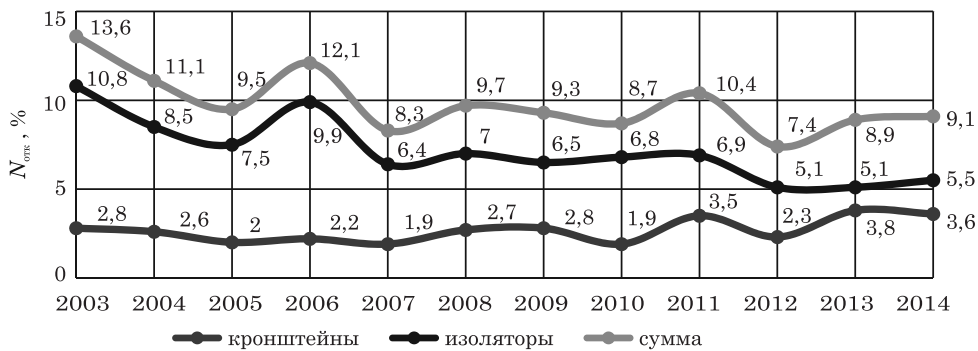


Рис. 4. Процентное соотношение отказов кронштейнов и изоляторов с 2003-го по 2014-й гг.

На основании анализа работы служб электрификации и электроснабжения построена диаграмма количества отказов кронштейнов и изоляторов в период с 2003 по 2014 годы (рис. 4) [1].

По результатам проведенного статистического анализа определено, что отказы кронштейнов и изоляторов ежегодно составляют (около 10%) от общего числа нарушений нормальной работы устройств ВЛ СЦБ и ПЭ [1, 3].

Учитывая вышеизложенное, можно констатировать, что около 13% нарушений нормальной работы (рис. 1) вызваны неправильной эксплуатацией и некачественным монтажом поддерживающих конструкций, вследствие чего происходит ускоренный износ около 9% наиболее слабых по прочности элементов поддерживающих конструкций (рис. 1).

В связи с этим проведены исследования по определению механической прочности металлических кронштейнов (КВЛЦ-50, СИП-3, СИП-3п, М-2) и применяемых на них изоляторов (ШФ-20Г, ПС-70Е).

Для определения процессов, протекающих в элементах поддерживающих конструкций воздушной ЛЭП 6–10 кВ, в программе SolidWorks создаются модели кронштейнов.

При построении моделей учитываются следующие параметры: геометрические размеры и формы, характер

воздействия нагрузок на исследуемую модель, сетка расчета. Для прочностного расчета программная среда SolidWorks применяет метод конечных элементов (МКЭ) [4].

При моделировании приложенных нагрузок определяются механическое напряжение (рис. 5, а) и прогиб (рис. 5, б) элементов конструкций под действием силы тяжести проводов  $G = 3,0$  кН и сила аэродинамического сопротивления  $F_{rw} = 100\%$  от  $G$ , заданных в соответствии с [5].

Ветровая нагрузка, действуя на провода, создает в кронштейнах пластическую деформацию, поэтому в расчете механической прочности учитывается разнознаковое аэродинамическое сопротивление  $\pm F_{rw}$ . Анализ прочности кронштейнов представлен на рис. 5–8.

Интерфейс SolidWorks позволяет визуально наблюдать области появления напряжений и удлинения (перемещения) конструкции, а также точно определить их значения в интересующих точках.

В результате моделирования определено, что наибольшие напряжения у кронштейнов СИП-3 (рис. 5) и М-2 (рис. 6) возникают на штырях и в узле крепления подкоса, у кронштейнов типа КВЛЦ-50 (рис. 7), СИП-3п (рис. 8) в зоне крепления тяги и ближнего к опоре бугеля.

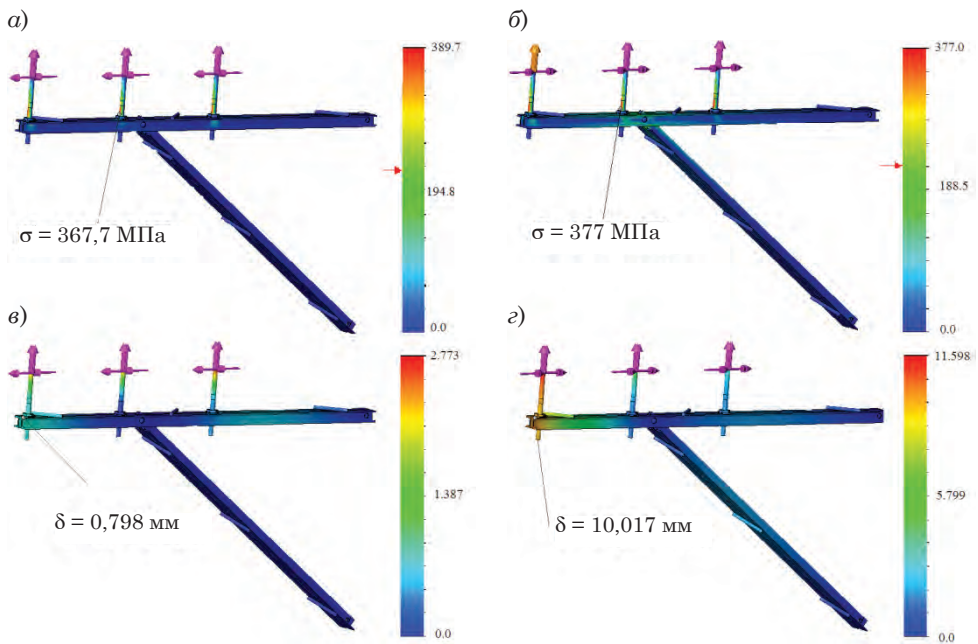


Рис. 5. Анализ прочности кронштейна СИП-3  
 а – эпюра напряжений при  $+F_{rw}$ ; б – эпюра напряжений при  $-F_{rw}$ ;  
 в – эпюра перемещений при  $+F_{rw}$ ; г – эпюра перемещений при  $-F_{rw}$

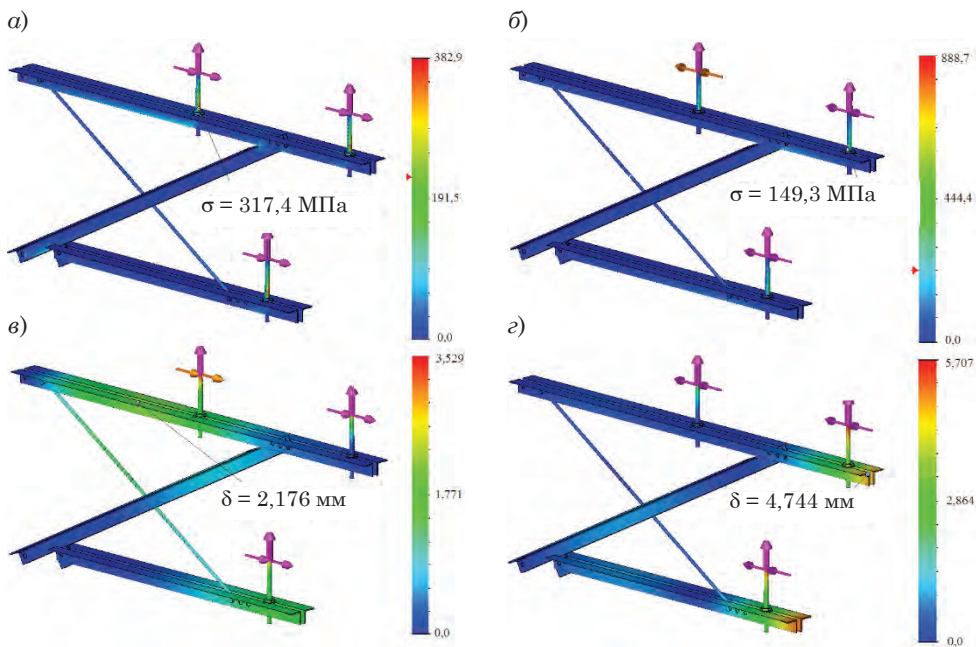


Рис. 6. Анализ прочности кронштейна М-2  
 а – эпюра напряжений при  $+F_{rw}$ ; б – эпюра напряжений при  $-F_{rw}$ ;  
 в – эпюра перемещений при  $+F_{rw}$ ; г – эпюра перемещений при  $-F_{rw}$



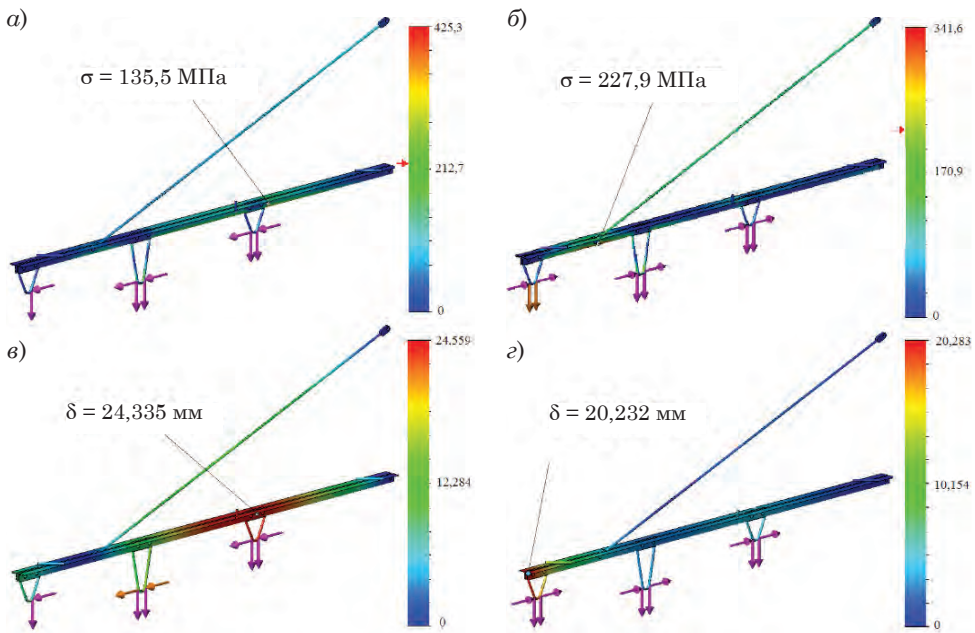


Рис. 7. Анализ прочности кронштейна КВЛЦ-50  
 а – эпюра напряжений при  $+F_{rw}$ ; б – эпюра напряжений при  $-F_{rw}$ ;  
 в – эпюра перемещений при  $+F_{rw}$ ; з – эпюра перемещений при  $-F_{rw}$

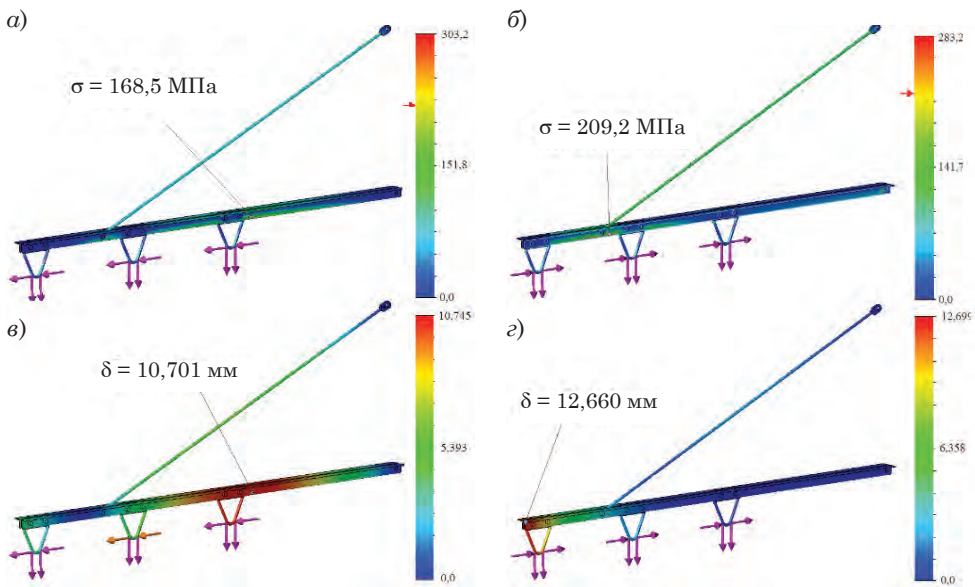


Рис. 8. Анализ прочности кронштейна СИП-3п  
 а – эпюра напряжений при  $+F_{rw}$ ; б – эпюра напряжений при  $-F_{rw}$ ;  
 в – эпюра перемещений при  $+F_{rw}$ ; з – эпюра перемещений при  $-F_{rw}$



По результатам анализа прочности металлических кронштейнов (рис. 9) построена диаграмма эквивалентных напряжений в соответствии с приложенными нагрузкам  $G = 3,0$  кН при  $+F_{rw} = 100\%$  от  $G$ . Предел текучести ( $\sigma$ , МПа) стали Ст 3пс5, применяемой для изготовления исследуемых кронштейнов, равен 245 МПа [6].

Результаты перемещения представлены в виде диаграммы (рис. 10).

Определено максимально допустимое значение прогиба (рис. 10) по условию  $\delta_{доп} \leq 1/150$  [7].

Аналогично в SolidWorks создаются модели изоляторов: ШФ-20Г со штырем, и гирлянда из двух ПС-70Е. Эпюры напряжений и перемещений представлены на рис. 11–12.

По проведенным исследованиям установлено, что у штыревых изоляторов напряжения, вызывающие пластиче-

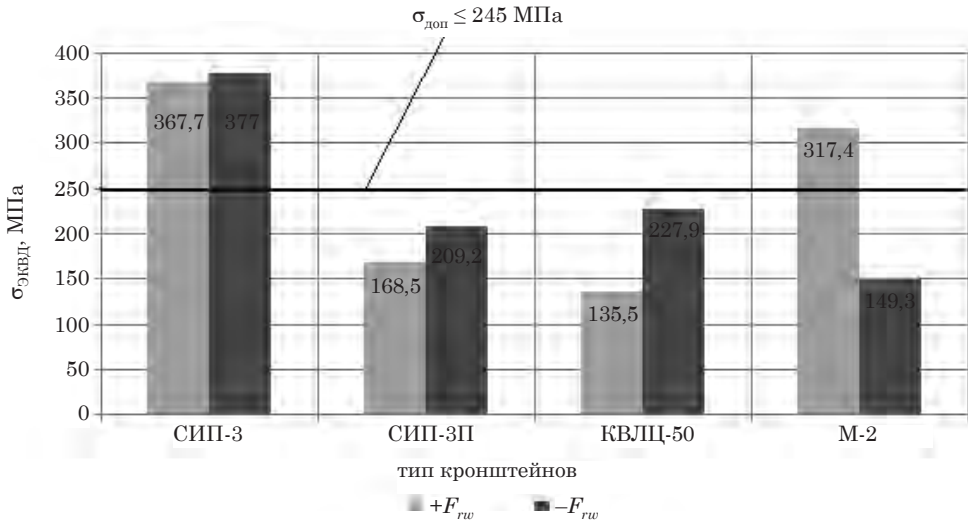


Рис. 9. Диаграмма напряжений  $\sigma_{эквд}$  при  $\pm F_{rw}$

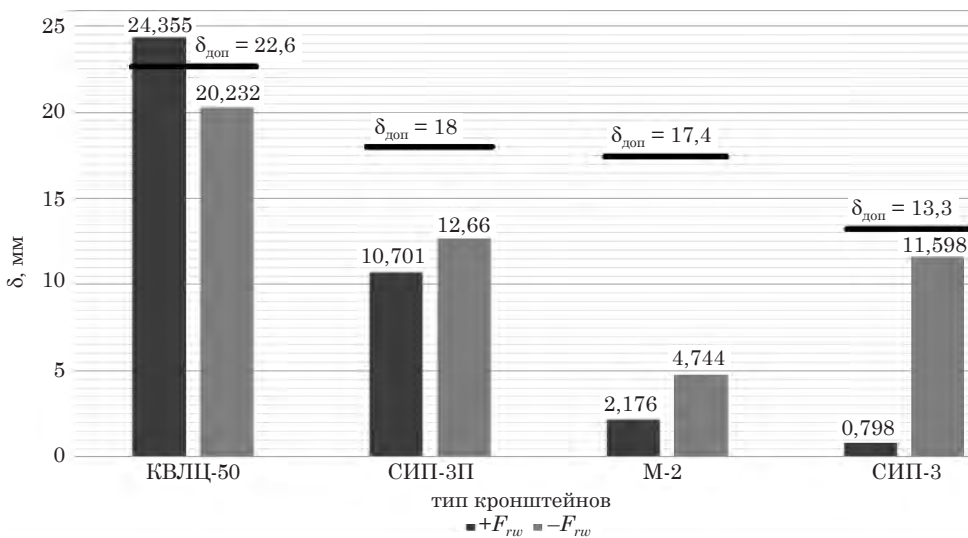


Рис. 10. Диаграмма прогибов кронштейнов ( $\delta$ ) при  $\pm F_{rw}$

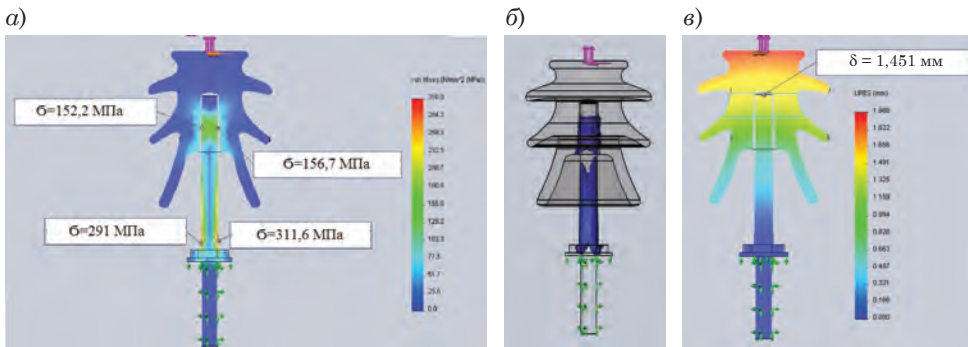


Рис. 11. Изолятор ШФ-20Г

а – эпюра распределения напряжения в сечении при  $+F_{rw}$ ; б – эпюра напряжений на поверхности штыря при  $+F_{rw}$ ; в – эпюра перемещений

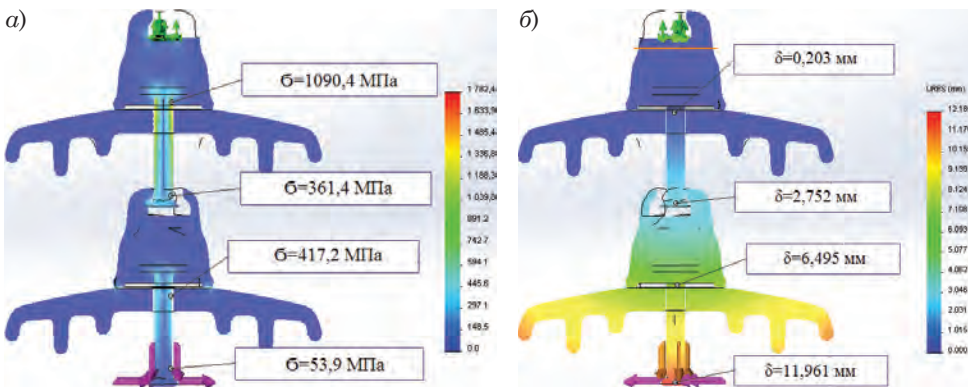


Рис. 12. Изолятор ПС-70Е

а – эпюра распределения напряжения в сечении при  $+F_{rw}$ ; б – эпюра перемещений

скую деформацию, возникают у основания штыря  $\sigma = 291$  МПа, а в узле крепления изолятора со штырем –  $\sigma = 156$  МПа. Наибольшее перемещение  $\delta$  относительно оси штыря составляет 1,4 мм.

У подвесных изоляторов в гирлянде ПС-70Е наибольшее напряжение, возникающее на пестике, имеющее ярко выраженный характер в области бетонной заделки изолятора, равно 1090,4 МПа. Перемещение  $\delta$  равно 11,961 мм с учетом бокового наклона из-за шарнирного крепления.

Полученные результаты позволяют утверждать, что у штыревых изоляторов при превышении допустимых нагрузок увеличивается вероятность срыва изолятора со штыря или изгиба штыря, что подтверждается статистическими

данными. У подвесных изоляторов превышение допустимых значений нагрузок ведет к нарушению целостности бетонной заделки.

Из анализа статистических данных и по результатам проведенных исследований определены основные факторы, из-за которых происходят отказы кронштейнов и изоляторов. Выявлены наиболее слабые элементы поддерживающих конструкций ВЛ СЦБ и ПЭ и рассчитаны величины нагрузок, при которых происходит их разрушение. Определенно, что основными причинами отказов поддерживающих конструкций ВЛ СЦБ и ПЭ являются недостатки монтажа данных устройств и несоблюдение норм и правил их эксплуатации. ■

**Литература**

1. Анализ работы хозяйства электрификации и электроснабжения в 2013 году. М. : Управление электрификации и электроснабжения Центральной дирекции инфраструктуры – филиала ОАО «РЖД», 2014. 112 с.
2. Кочунов Ю. А., Грехов А. О. Провода и поддерживающие конструкции линий продольного электроснабжения : учеб.-метод, указания. – Екатеринбург : Изд-во УрГУПС, 2013. 54 с.
3. Кочунов Ю. А. Применение композитных материалов для изготовления поддерживающих конструкций линий продольного электроснабжения // Транспорт Урала. 2014. № 1 (40). С. 76–80. ISSN 1815-9400.
4. Алямовский А. А. Инженерные расчеты в SolidWorks Simulation. – М. : ДМК-Пресс, 2010. 464 с.
5. Программа и методика испытаний на механическую прочность узлов и деталей контактной сети электрифицируемых дорог. М. : ЦНИИС, 2004.
6. ГОСТ 535–2005 Прокат сортовой и фасонный из стали углеродистой обыкновенного качества. Общие технические условия. М. : Стандартиформ, 2007. 27 с.
7. СТН ЦЭ 141–99. Нормы проектирования контактной сети. М. : МПС, 2001. 112 с.

**References**

1. Analiz raboty khozyaystva elektrifikatsii i elektrosnabzheniya v 2013 godu. [Analysis of the work of electrification and power supply complex in 2013.] М. : Upravlenie elektrifikatsii i elektrosnabzheniya Tsentralnoy direksii infrastruktury – filiala OAO «RZhD», 2014. 112 s.
2. Kochunov Yu. A., Grekhov A. O. Provoda i podderzhivayushchie konstruksii liniy prodolnogo elektrosnabzheniya : ucheb.-metod, ukazaniya. [Wires and supporting structures of longitudinal power supply lines: guidelines.]. – Ekaterinburg : USURT, 2013. 54 s.
3. Kochunov Yu. A. Primenenie kompozitnykh materialov dlya izgotovleniya podderzhivayushchikh konstruksiy liniy prodolnogo elektrosnabzheniya [The use of composite materials for the manufacture of supporting structures of longitudinal power supply lines] // Transport of the Urals. Ekaterinburg : USURT, 2014. № 1 (40). S. 76–80. ISSN 1815-9400.
4. Alyamovskiy A. A. Inzhenernye raschety v SolidWorks Simulation [Engineering design in SolidWorks Simulation]. – М. : DМК-Press, 2010. 464 s.
5. Programma i metodika ispytaniy na mekhanicheskuyu prochnost uzlov i detaley kontaktnoy seti elektrifitsiruemykh dorog. [A program and methods of testing mechanical strength of units and details of contact network of electrified roads,] М. : TsNIIS, 2004.
6. GOST 535–2005. Prokat sortovoy i fasonniy iz stali uglerodisty obyknovennogo kachestva. Obschie tekhnicheskie usloviya. [Rolled and profile sections made of ordinary quality carbon steel. General specifications.] М. : Standartinform, 2007. 27 s.
7. STN TsE 141–99. Normy proektirovaniya kontaktnoy seti. [STN CE 141–99. Catenary design standards.] М. : MPS, 2001. 112 s.

*Статья сдана в редакцию 18 февраля 2016 года*

*А. С. Степанов*

## Разработка алгоритма прогнозирования отказов подсистем автомобильного пассажирского транспорта

*A. S. Stepanov*

## Development of algorithms for predicting failures of road passenger transport subsystems

### Аннотация

На основе практики автотранспортных предприятий Екатеринбурга проведены исследования, позволившие установить вероятностные распределения отказов подсистем подвижного состава автомобильного пассажирского транспорта в зависимости от общего пробега, распределения вида отказа по различным маркам транспортных средств. Определено, что наиболее вероятными отказами являются прокол колеса и протечка охлаждающей жидкости и топлива. Установлена зависимость между видом отказа и количеством сорванных рейсов, которые приводят к потерям доходов автотранспортного предприятия. Основные виды вероятностных распределений показали неудовлетворительную сходимость; предложено использование эмпирических распределений. На основании полученных результатов предложен алгоритм имитационного моделирования, производящий моделирование условной единицы подвижного состава пассажирского автомобильного транспорта, который позволяет осуществить прогнозирование количества возможных отказов и конкретизация подсистемы транспорта, в которой произошел отказ.

**Ключевые слова:** надежность пассажирского транспорта, виды отказов, прогнозирование отказов, вероятностное распределение отказов, наработка на отказ.

DOI:10.20291/2079-0392-2016-1-132-140

### Summary

Using the practice of trucking companies of Ekaterinburg, studies have been performed which allowed to establish the probability distribution of failures of road passenger transport subsystems, depending on the total mileage, distribution of failure types by different vehicle brands. It has been determined that the most probable failures are puncture and coolant and fuel leakages. The dependence between the type of failure and the number of failed trips leading to the loss of revenue of the motor transport enterprise has been determined. The main types of probability distributions showed unsatisfactory convergence; the use of empirical distributions is proposed. On the basis of the obtained results, simulation algorithm has been proposed, which creates a model road passenger transport unit, making it possible to predict the number of possible failures and determine specific transport subsystem, in which the failure occurred.

**Keywords:** reliability of passenger transport, failure modes, failure prediction, probability distribution of failures, mean time between failures.

DOI:10.20291/2079-0392-2016-1-132-140

---

Антон Станиславович Степанов, аспирант; кафедра «Экономика транспорта и логистики» Уральского государственного лесотехнического университета; Екатеринбург, Россия. E-mail: zicbig@gmail.com.

Anton Stanislavovich Stepanov, PhD student; Transport Economics and Logistics Department, Ural State Forestry University; Ekaterinburg, Russia. E-mail: zicbig@gmail.com.

Для больших городов, в которых объемы перевозок пассажиров и сопутствующие эксплуатационные расходы значительны, актуально своевременное устранение возможных отказов подсистем пассажирского автомобильного транспорта. Разработка системы прогнозирования отказов подсистем автомобильного пассажирского транспорта позволяет минимизировать как затраты на эксплуатацию, так и потери от сорванных рейсов. С целью создания такой системы проведены исследования и разработан алгоритм прогнозирования отказов и поломок.

Для решения подобных задач широко применяются методы теории надежности, теории вероятностей и марковские процессы [1, 3, 5, 6]. На железнодорожном транспорте задача решена путем выделения систем, подсистем и определения интенсивности отказов для каждого элемента [3, 4]. В нашем случае важен вид закона вероятностного распределения наработок [2, 7], который определяется на основе фактических данных.

Анализ практики автотранспортных предприятий позволил установить распределение отказов по подсистемам подвижного состава автомобильного пассажирского транспорта (рис. 1, 2).

В общем случае наиболее вероятными являются отказы в двигателе внутреннего сгорания (13,73%), течь охлаждающей жидкости (10,36%) и прокол колеса (8,78%). Первые два пункта связаны с тем, что в условиях движения в плотных транспортных потоках больших городов характерен короткий и интенсивный цикл «разгон-торможение», создающий избыточную нагрузку на двигатель внутреннего сгорания и систему охлаждения. Частый прокол колеса обусловлен состоянием проезжей части. Сокращение вероятности отказов возможно путем разработки мер сервисного обслуживания. Отдельно следует отметить, что конструкция автобусов марки ЛИАЗ разработана значительно ранее автобусов марки НЕФАЗ, что приводит к большему количеству отказов по всем подсистемам.

В специальной и научной литературе отказ подразумевает проведение

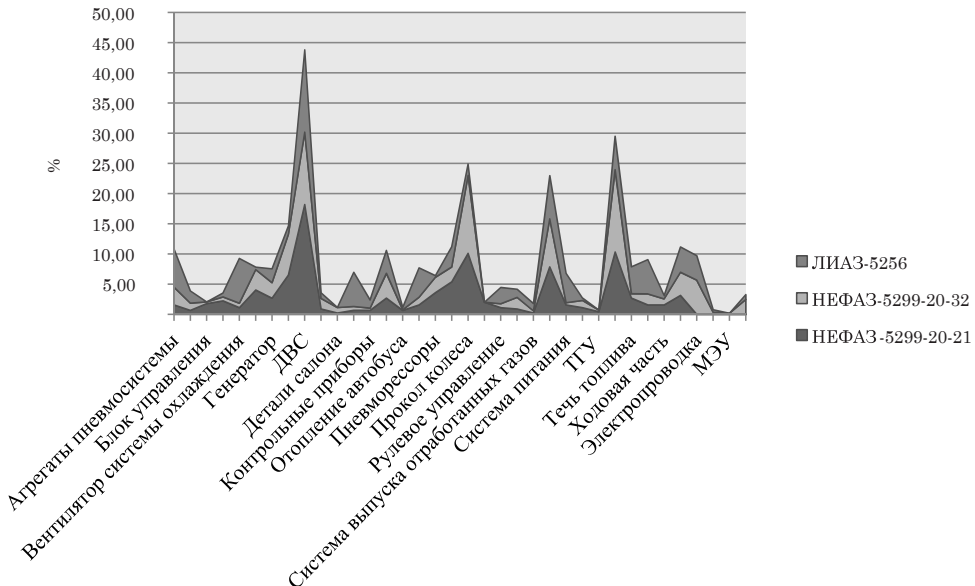


Рис. 1. Распределение отказов по подсистемам подвижного состава пассажирского автомобильного транспорта по маркам транспортных средств

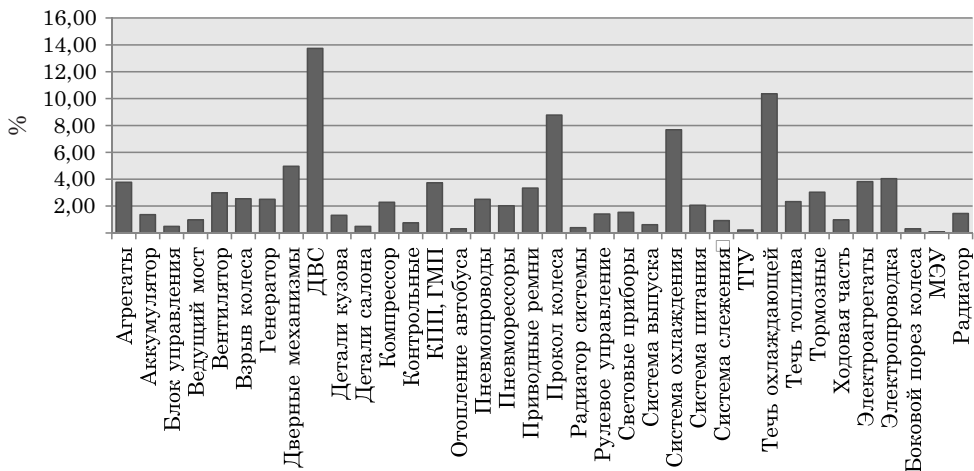


Рис. 2. Общее распределение отказов подсистем подвижного состава пассажирского автомобильного транспорта

ремонта с вложением материальных средств, что исключает прокол колеса и вытекание охлаждающей жидкости и топлива [2], но эти неисправности имеют сильную корреляционную связь с количеством сорванных рейсов, в общем случае коэффициент корреляции составляет 99% (рис. 3 и 4).

По количеству сорванных рейсов главной причиной остаются двигатель внутреннего сгорания (14,46%), течь

охлаждающей жидкости (9,85%), система охлаждения в целом (9,14%). Прокол колеса по-прежнему является значимой причиной, на которую приходится 7,87% отказов по количеству сорванных рейсов в общем по парку подвижного состава. В связи с этим предлагается уточнить определение отказа для подвижного состава пассажирского автомобильного транспорта (даже если нет затрат на ремонт, может не быть выручки).

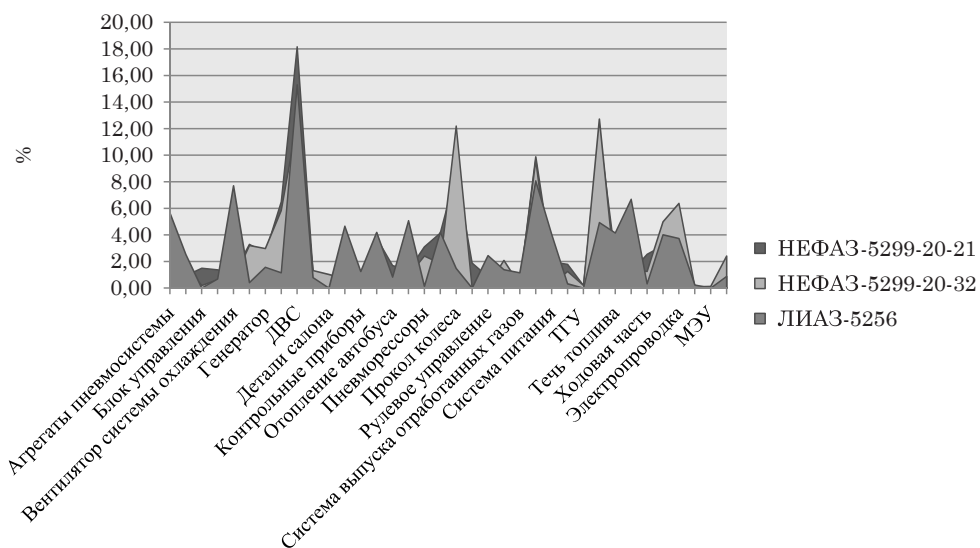


Рис. 3. Распределение сорванных рейсов из-за отказа подсистемы подвижного состава пассажирского автомобильного транспорта по маркам транспортных средств



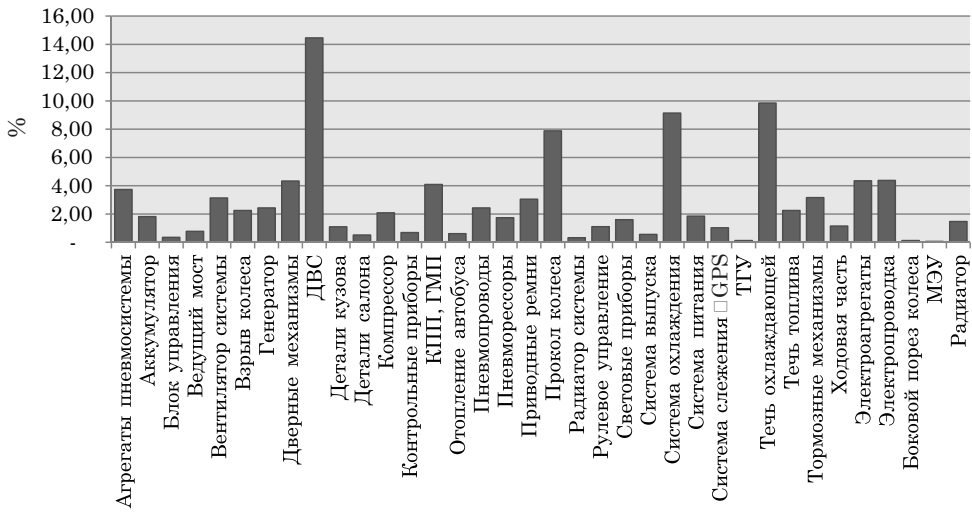


Рис. 4. Общее распределение сорванных рейсов из-за отказа подсистемы подвижного состава пассажирского автомобильного транспорта

Для прогнозирования отказов рейсов найдены распределения отказов в зависимости от пробега подвижного состава (рис. 5, 6).

На рис. 5, 6 представлена основная часть распределения. Наиболее вероятно появление отказа (11,33%) при пробеге до 150 км; с вероятностью 95% максимальный пробег до отказа составит 15 тыс. км. Отметим, что для

автобусов марки ЛИАЗ эти показатели составят 18,88% и 4,95 тыс. км, что свидетельствует о низкой приспособленности подвижного состава данной марки для эксплуатации в условиях плотных транспортных потоков больших городов.

Подбор вида известных вероятностных распределений не дал значимых результатов (таблица 1).

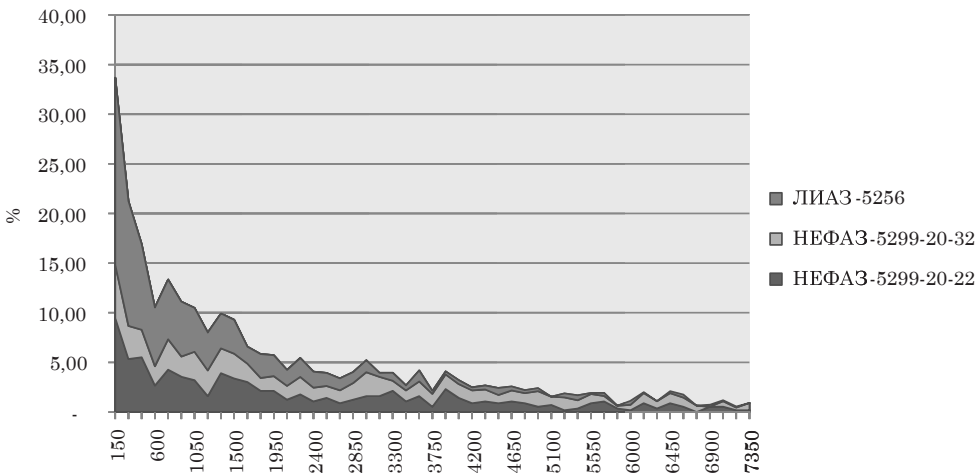


Рис. 5. Распределение отказов подвижного состава пассажирского автомобильного транспорта в зависимости от пробега

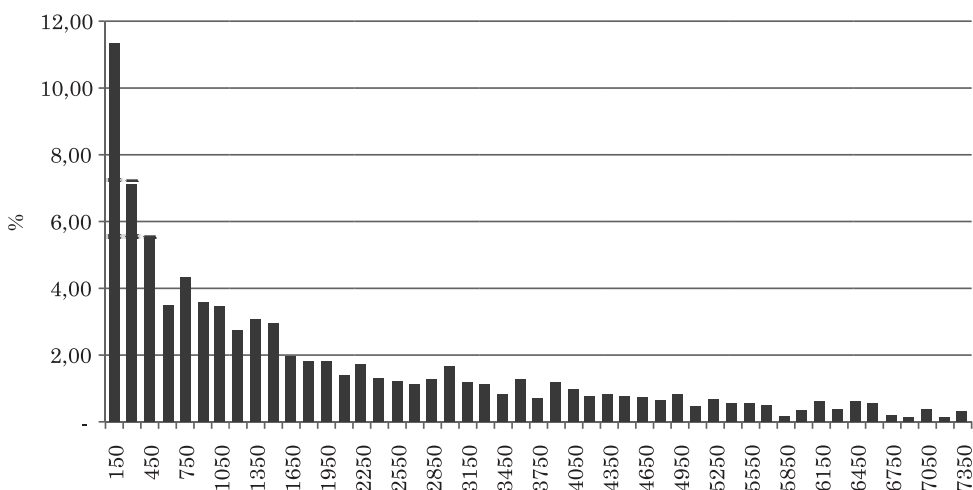


Рис. 6. Общее распределение отказов подвижного состава пассажирского автомобильного транспорта в зависимости от пробега

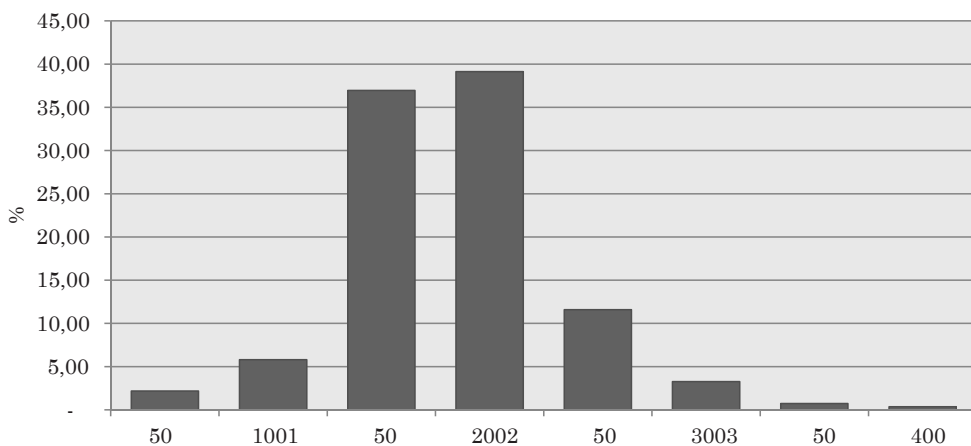


Рис. 7. Распределение суточного пробега одного транспортного средства

Таблица 1

Результаты подбора вероятностного распределения для распределений отказов подвижного состава пассажирского автомобильного транспорта

Распределение	р-значение			Общее распределение
	НЕФАЗ-5299-20-22	НЕФАЗ-5299-20-32	ЛИАЗ-5256	
Экспоненциальное	0,013	–	<b>0,117*</b>	0,00018
Логнормальное	–	0,038	–	–

\* Жирным шрифтом выделены случаи удовлетворительной сходимости.

Результаты подбора указывают, что возможно использование только эмпирических распределений отказов, что ограничивает использование методов теории надежности и обуславливает необходимость использования имитационного моделирования. Кроме того, методология имитационного моделирования позволяет использование любого вида эмпирического распределения отказов, что дает возможность регулярно его актуализировать.

Определено, что одна единица подвижного состава за день на линии в среднем проходит 183 км. Распреде-

ление пробега за день на линии для исследуемого АТП представлено на рис. 7.

Таким образом, в 95 % процентах случаев максимальный суточный пробег не превышает 300 км, а в основном (76,09%) составляет от 100 до 200 км, что говорит об интенсивном использовании подвижного состава.

В качестве показателя, оценивающего тяжесть произошедшего отказа, предлагается количество сорванных рейсов на один отказ. Результаты обследования по данному показателю сведены в таблицу 2.

Таблица 2  
Оценка тяжести последствий отказов по подсистемам

Систем (агрегат)	НЕФАЗ-5299-20-21	НЕФАЗ-5299-20-32	ЛИАЗ-5256	Общая тяжесть	Ранг
Агрегаты пневмосистемы	1,34	3,16	2,35	2,47	12
Аккумулятор	3,30	3,77	1,14	2,67	8
Блок управления	1,99	2,00	1,01	0,50	35
Ведущий мост	1,46	2,71	1,86	2,04	19
Вентилятор системы охлаждения	2,20	2,25	1,02	2,82	5
Взрыв колеса	1,94	2,62	1,35	1,58	25
Генератор	2,34	3,21	1,37	1,69	24
Дверные механизмы	2,38	2,39	1,01	1,85	23
ДВС	2,38	2,90	1,22	3,15	2
Детали кузова	2,95	2,11	0,71	1,56	26
Детали салона	1,00	3,10	3,10	0,79	33
Компрессор	2,80	3,00	1,07	2,20	17
Контрольные приборы	2,00	2,50	1,25	2,03	20
КПП, ГМП	3,33	2,78	0,83	2,73	7
Отопление автобуса	6,00	2,00	0,33	1,39	28
Пневмопроводаы	2,00	2,00	1,00	2,75	6
Пневморессоры	2,06	2,61	1,26	0,87	32
Приводные ремни	1,83	2,07	1,13	3,17	1

Окончание табл. 2

Систем (агрегат)	НЕФАЗ-5299-20-21	НЕФАЗ-5299-20-32	ЛИАЗ-5256	Общая тяжесть	Ранг
Прокол колеса	2,04	2,62	1,28	1,87	21
Радиатор системы охлаждения	2,22	–	–	2,22	36
Рулевое управление	1,80	1,00	0,56	2,25	16
Световые приборы	1,75	3,00	1,71	2,26	15
Система выпуска отработанных газов	2,90	1,75	0,60	1,86	22
Система охлаждения	3,00	3,36	1,12	3,01	4
Система питания	3,00	1,75	0,58	2,16	18
GPS	3,80	2,92	0,77	1,01	29
ТГУ	1,00	2,00	2,00	0,77	34
Течь охлаждающей жидкости	2,71	2,58	0,95	2,37	14
Течь топлива	2,00	3,38	1,69	2,48	10
Тормозные механизмы	1,86	2,00	1,08	3,15	3
Ходовая часть	3,86	3,45	0,90	0,94	31
Электроагрегаты	2,43	3,60	1,48	2,48	11
Электропроводка	–	3,11	–	2,55	9
Боковой порез колеса	–	0,75	–	1,39	27
МЭУ	–	2,00	–	1,00	30
Радиатор	–	2,70	–	2,47	13

Для прогнозирования количества отказов и сорванных рейсов с использованием распределений, полученных методом имитационного моделирования, рекомендуется следующий алгоритм (рис. 8).

Алгоритм реализован средствами пакета имитационного моделирования Anylogic. Для этого на основе полученных эмпирических распределений сформированы пользовательские функции

и разработаны агенты. Стейтчарт моделирования агента, соответствующий рассмотренному ранее алгоритму, представлен на рис. 9.

Здесь в состоянии «Пробег» происходит моделирование суточного пробега и оценка необходимости проведения сервисного обслуживания. В случае проведения сервисного обслуживания осуществляется возвращение в состояние «Пробег» с обновлением

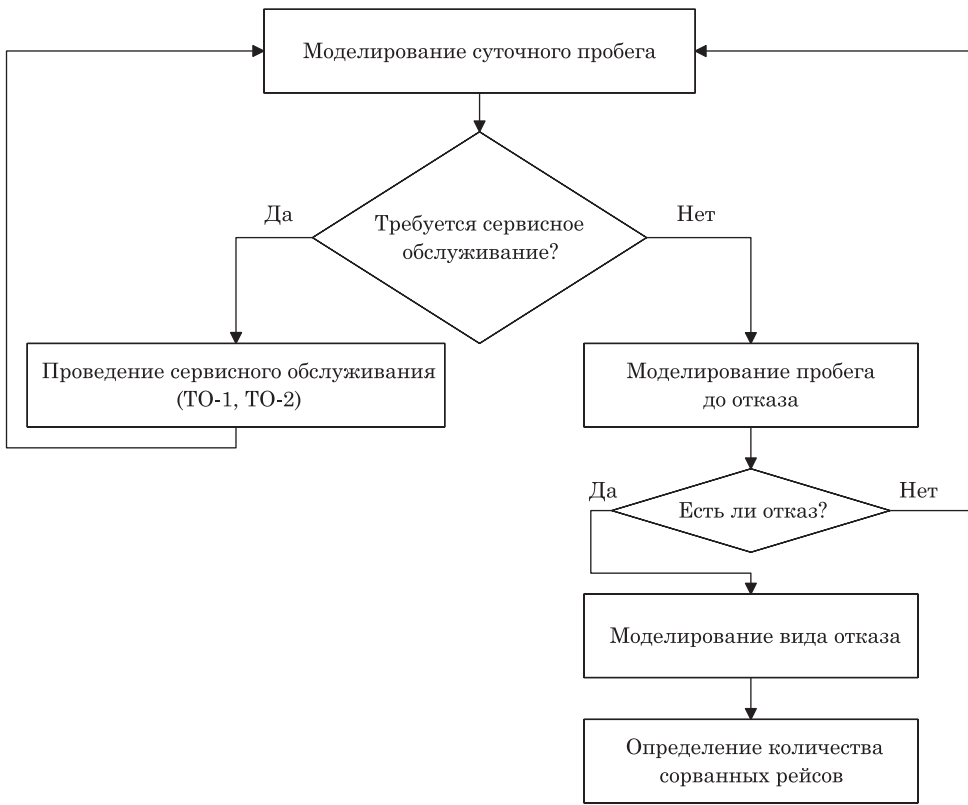


Рис. 8. Алгоритм прогнозирования количества отказов и сорванных рейсов

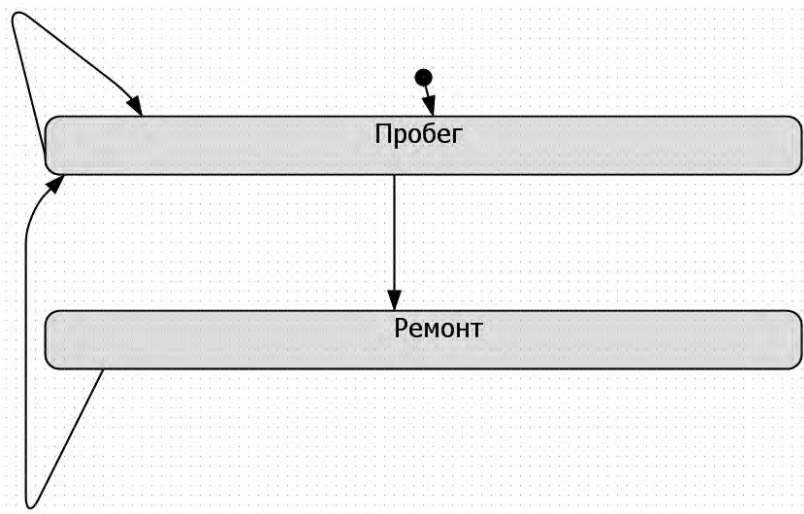


Рис. 9. Стейчарт моделирования агента в Anylogic

показателей, в противном случае происходит переход в состояние «Ремонт» и расчет показателей, связанных с ремонтом подвижного состава. После чего алгоритм перезапускается. Стейчарт допускает использование переменных, производящих экономическую оценку как затрат на ремонт и запасные

части, так и потерь выручки от сорванных рейсов.

Такой подход позволяет спрогнозировать количество как сервисных обслуживания подвижного состава пассажирского подвижного транспорта, так и потребности в ремонте и в запасных частях. ■

#### Литература

1. Атапин В. Г. Основы работоспособности технических систем. Автомобильный транспорт: учеб. пособие. – Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2006. – 192 с.
2. Волков В. С. Расчет прогнозных оценок безотказности транспортных машин на основе критериев подобия / В. С. Волков, В. К. Магомедов // Актуальные проблемы современного строительства. Ч. 1. Фундаментальные и прикладные исследования в области технических наук : материалы Междунар. науч.-техн. конф. / под общ. ред. Т. И. Барановой. – Пенза : ПГУАС, 2007. – С. 86–90.
3. Дуплякин М. К. Об отказах путевых машин при ремонтах железнодорожного пути // Вестник УрГУПС. 2011. № 2. С. 73–79. ISSN 2079-0392.
4. Дуплякин М. К. Прогнозная модель случайных отказов ремонтно-строительных машин в «окно» // Вестник УрГУПС. 2013. № 1. С. 24–33. ISSN 2079-0392.
5. Кубарев А. И. Надежность в машиностроении. М. : Изд-во стандартов, 1989. – 224 с.
6. Лукинский В. С. Прогнозирование надежности автомобилей / В. С. Лукинский, В. И. Зайцев. – Л. : Политехника, 1991. 224 с.
7. Степанов А. С. Повышение эффективности эксплуатации транспортных средств путем прогнозирования потребности в запасных частях / Р. Н. Ковалев, А. С. Степанов, С. А. Черницын // Фундаментальные исследования. 2014. № 6. С. 1361–1364.

#### References

1. Atapin V. G. Osnovy rabotosposobnosti tekhnicheskikh sistem. Avtomobilniy transport: ucheb. posobie. [Fundamentals of technical systems performance. Road transport: a textbook.] – Novosibirsk : Izd-vo NGTU, 2006. – 192 s.
2. Volkov V. S. Raschet prognoznnykh otsenok bezotkaznosti transportnykh mashin na osnove kriteriev podobiya [Predictive assessment of reliability of transport vehicles on the basis of similarity criteria] / V. S. Volkov, V. K. Magomedov // Aktualnye problemy sovremennogo stroitelstva. Ch. 1. Fundamentalnye i prikladnye issledovaniya v oblasti tekhnicheskikh nauk : materialy Mezhdunar. nauch.-tekhn. konf. / pod obsch. red. T. I. Baranovoy. – Penza : PGUAS, 2007. – S. 86–90.
3. Duplyakin M. K. Ob otkazakh putevykh mashin pri remontakh zheleznodorozhnogo puti [Failures of track machines during repairs of railway tracks] // Herald of USURT. 2011. № 2. S. 73–79. ISSN 2079-0392.
4. Duplyakin M. K. Prognoznaya model sluchaynykh otkazov remontno-stroitelnykh mashin v «okno» [Forecast model of random failures of construction and repair machines working on «time window» basis] // Herald of USURT. 2013. № 1. S. 24–33. ISSN 2079-0392.
5. Kubarev A. I. Nadezhnost v mashinostroenii. [Reliability in mechanical engineering.] M. : Izd-vo standartov, 1989. – 224 s.
6. Lukinskiy V. S. Prognozirovaniye nadezhnosti avtomobiley [Forecasting reliability of motor cars] / V. S. Lukinskiy, V. I. Zaytsev. – L. : Politekhnik, 1991. 224 s.
7. Stepanov A. S. Povysheniye effektivnosti ekspluatatsii transportnykh sredstv putem prognozirovaniya potrebnosti v zapasnykh chastyakh Improving the efficiency of the use of vehicles by predicting the need for replacement parts / R. N. Kovalev, A. S. Stepanov, S. A. Chernitsyn // Fundamentalnye issledovaniya. 2014. № 6. S. 1361–1364.

*Статья сдана в редакцию 1 февраля 2016 года*



## Уважаемые коллеги!

### Информирую вас о требованиях, предъявляемых к оформлению статей.

При наборе используйте Word-2003 или Word-2007; шрифт (по всему тексту, в том числе в рисунках и таблицах) — тип Times, размер шрифта — 14, межстрочное расстояние — 1,5, абзацный отступ — 1,25 (1,27) см, поля — 2 см; расстановка переносов по всему тексту — автоматическая.

Набор формул: простые формулы и сочетания символов ( $x^2 < y^2$ ;  $E = mc^2$ ;  $a^2 + b^2 = c^2$ ;  $Q_{i-1}$ ;  $\psi_j$ ) — только в текстовом режиме, сложные

$$\left( s^2 = \frac{1}{n-1} \left[ \sum_{j=1}^e x_j^2 n_j - \frac{1}{n} \left( \sum_{j=1}^e x_j n_j \right)^2 \right] \right); \left( \frac{\sigma_a}{[n]} \right)$$

или  $S_i^m$ ) — только в редакторе формул

Equation или в MathType.

Написание букв: русские (а, б, в, А, Б, В), греческие ( $\Theta, \Sigma, \Omega, \Psi, \alpha, \beta, \delta, \epsilon, \lambda, \pi$ ), а также цифры и функции (1, 2, 3; I, II, III; max, lg, sin и т. п.) пишутся только прямо; латинские ( $a, b, n, A, B, N$  и т. д.) — только курсивом. Исключение — курсив во вспомогательном тексте (слова «Таблица» и «Рис.», примечания в рисунках и ссылки в тексте на эти примечания).

Оформление текста: левый верхний край — инициалы, фамилия; заголовков — все буквы ПРОПИСНЫЕ, жирные, расположение — по центру набора; таблиц и рисунков: в таблицах размер шрифта — на полтора-два размера меньше, чем в основном тексте (11,5–12), расположение текста в «шапке» таблицы — по центру, в столбцах — по ширине; межстрочное расстояние — 1; слово «Таблица» — курсивное начертание, в правый край таблицы; название таблицы — начертание нормальное (прямое), расположение — по центру таблицы. В рисунках (графиках, диаграммах): размер подрисуноч-

ной подписи — 14, расположение — по центру набора, слово «Рис.» — курсив, название рисунка — нормальное начертание, описание рисунка (экспликация) — нормальное начертание, условные обозначения — курсивное начертание, их расшифровка — нормальное. Расположение таблиц и рисунков — строго после ссылки на них.

Кроме того, рисунки обязательно прилагаются к материалу (один рисунок — один файл; формат — \*.jpg).

Ссылки на литературу в тексте пишутся в квадратных скобках ([1], [1, 2] или [3–5]); нумерация сквозная. Список литературы/источников оформляется по ГОСТ 7.0.5–2008.

В конце статьи обязательно ставится дата отсылки материала в редакцию.

Объем статьи — не более 14-ти страниц.

Название файла: Фамилия. Первое слово заголовка. Многоточие. Последнее слово заголовка (Сидоров. Синтез... электроприводом).

К материалу (статье) обязательно прилагаются (отдельным файлом): УДК, сведения об авторе, аннотация, ключевые слова (название файла: УДК 000. Сидоров. Синтез... электроприводом).

Материалы для очередного номера журнала «Вестник УрГУПС» принимаются до 30 числа первого месяца квартала (до 30-го января, 30-го апреля, до 30-го июля, до 30-го октября). Материалы, поступившие в редакцию после 30-го числа, будут опубликованы только в следующем номере.

Успешной работы!

*Л. Барышникова,  
литературный и выпускающий  
редактор журнала «Вестник УрГУПС»*

### Уважаемые читатели и авторы журнала «Вестник УрГУПС»!

Если вам нравится наш журнал, вы можете оказать содействие в его развитии, перечислив денежные средства по реквизитам:

Ассоциация выпускников УЭМИИТ-УрГУПС

ИНН-КПП 6670317893/667001001

ОГРН 1156600001470

620075, Свердловская обл., г. Екатеринбург, ул. Шевченко, д. 20, помещение 1

Р/с 40703810863010000192

в ПАО КБ «УБРИР» филиал ССБ

к/с 30101810900000000795

БИК 046577795

**Назначение платежа:** «Пожертвование для поддержки научных журналов УрГУПС».

Ваша финансовая поддержка позволит нам увеличить число публикаций, повысить индексы цитирования журнала и наших авторов.

### Уважаемые руководители инновационных компаний и предприятий!

Предлагаем вам услуги по продвижению вашей продукции через сеть Ассоциации выпускников УЭМИИТ-УрГУПС.

Ассоциация выпускников УЭМИИТ-УрГУПС – это кооперация большого числа неравнодушных людей различных сфер деятельности, окончивших наш университет.

Кроме того, предлагаем услуги по подбору молодых специалистов, по организации поиска решений прикладных и научных задач в рамках диссертационных работ, выполняемых в УрГУПС.

Всю необходимую информацию вы можете получить по тел. (343) 221-24-67 или на сайте <http://www.usurt.ru/vypusknikam/assotsiatsiya-vypusknikov-urgups>

<b>Извещение</b>	<p><b>Получатель:</b> <u>Ассоциация выпускников УЭМИИТ-УрГУПС</u> <b>КПП:</b> <u>667001001</u> <b>ИНН:</b> <u>6670317893</u> <b>ОКТМО:</b> <u>65701000</u> <b>Р/сч.:</b> <u>40703810863010000192</u> <b>в:</b> <u>ПАО КБ «УБРИР» филиал ССБ</u> <b>БИК:</b> <u>046577795</u> <b>К/сч.:</b> <u>30101810900000000795</u> <b>Код бюджетной классификации (КБК):</b> _____ <b>Платеж:</b> <u>Пожертвование для поддержки научных журналов УрГУПС</u> <b>Плательщик:</b> _____ <b>Адрес плательщика:</b> _____ <b>ИНН плательщика:</b> _____ <b>№ л/сч. плательщика:</b> _____ <b>Сумма:</b> _____ руб. ____ коп.</p> <p>Подпись: _____ Дата: «___» _____ 2016 г.</p>
<b>Квитанция</b>	<p><b>Получатель:</b> <u>Ассоциация выпускников УЭМИИТ-УрГУПС</u> <b>КПП:</b> <u>667001001</u> <b>ИНН:</b> <u>6670317893</u> <b>ОКТМО:</b> <u>65701000</u> <b>Р/сч.:</b> <u>40703810863010000192</u> <b>в:</b> <u>ПАО КБ «УБРИР» филиал ССБ</u> <b>БИК:</b> <u>046577795</u> <b>К/сч.:</b> <u>30101810900000000795</u> <b>Код бюджетной классификации (КБК):</b> _____ <b>Платеж:</b> <u>Пожертвование для поддержки научных журналов УрГУПС</u> <b>Плательщик:</b> _____ <b>Адрес плательщика:</b> _____ <b>ИНН плательщика:</b> _____ <b>№ л/сч. плательщика:</b> _____ <b>Сумма:</b> _____ руб. ____ коп.</p> <p>Подпись: _____ Дата: «___» _____ 2016 г.</p>

ф. СП-1



**АБОНЕМЕНТ**

на ~~газету~~  
журнал

**70070**

(индекс издания)

**Вестник УргУПС**

(наименование издания)

Количество комплектов:

на 2016 год по месяцам:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
X	X	X	X	X	X						

**Куда**

(почтовый индекс)

(адрес)

**Кому**

(фамилия, инициалы)

**ДОСТАВОЧНАЯ КАРТОЧКА**

ПВ	место	литер

на ~~газету~~  
журнал

**70070**

(индекс издания)

**Вестник УргУПС**

(наименование издания)

Стоимость	подписки	_____ руб. _____ коп.	Количество комплектов:
	переадресовки	_____ руб. _____ коп.	

на 2016 год по месяцам:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
X	X	X	X	X	X						

**Куда**

(почтовый индекс)

(адрес)

**Кому**

(фамилия, инициалы)