



НИВИТ-НИИЖТ-СГУПС

ISSN 1815-9265

ВЕСТНИК

Сибирского государственного
университета путей сообщения

№ 3 (62). 2022 (161)



УЧРЕДИТЕЛЬ

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет путей сообщения»

Состав редколлегии

Главный редактор

Манаков Алексей Леонидович – д-р техн. наук, доц.

Заместитель главного редактора

Абрамов Андрей Дмитриевич – д-р техн. наук, доц.

Заместитель главного редактора

Ильиных Андрей Степанович – д-р техн. наук, доц.

Ответственный секретарь

Галай Марина Сергеевна – канд. техн. наук

Члены редколлегии:

Бессоненко Сергей Анатольевич – д-р техн. наук, доц., СГУПС, г. Новосибирск

Воробьев Валерий Степанович – д-р техн. наук, проф., СГУПС, г. Новосибирск

Герасимов Сергей Иванович – д-р техн. наук, проф., СГУПС, г. Новосибирск

Герасимов Виталий Владимирович – д-р техн. наук, проф., НГАСУ (Сибстрин), г. Новосибирск

Головнич Александр Константинович – д-р техн. наук, доц., БелГУТ, г. Гомель, Белоруссия

Евсеев Дмитрий Геннадьевич – д-р техн. наук, проф., МИИТ, г. Москва

Исаков Александр Леонидович – д-р техн. наук, проф., СГУПС, г. Новосибирск

Караулов Александр Михайлович – д-р техн. наук, проф., СГУПС, г. Новосибирск

Карпущенко Николай Иванович – д-р техн. наук, проф., СГУПС, г. Новосибирск

Комаров Константин Леонидович – д-р техн. наук, проф., СГУПС, г. Новосибирск

Кондратьев Сергей Александрович – д-р техн. наук, ИГД СО РАН, г. Новосибирск

Королев Константин Валерьевич – д-р техн. наук, доц., СГУПС, г. Новосибирск

Корягин Марк Евгеньевич – д-р техн. наук, доц., СГУПС, г. Новосибирск

Пронозин Яков Александрович – д-р техн. наук, проф., ТИУ, г. Тюмень

Хабаров Валерий Иванович – д-р техн. наук, проф., СГУПС, г. Новосибирск

Шахов Сергей Александрович – д-р техн. наук, доц., СГУПС, г. Новосибирск

Шварцфельд Вячеслав Семенович – д-р техн. наук, проф., ПГУПС, г. Санкт-Петербург

Черный Константин Анатольевич – д-р техн. наук, доц., ПНИПУ, г. Пермь

Редактор перевода текста на английский язык

Степачкова Ирина Игоревна – старший преподаватель

Редакторы: *Е. Е. Рыжкова, А. О. Елесина, Ю. В. Печенкина*

Корректор *Б. В. Устинов* – канд. техн. наук

Макет, верстка *Ю. В. Борцовой*

Дизайн обложки *А. С. Петренко*

Сайт журнала:

www.stu.ru (раздел «Научная деятельность»; журнал «Вестник СГУПС»)

Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор).

Свидетельство о регистрации ПИ № ФС77-79268 от 02 ноября 2020 г.

FOUNDER

The Siberian Transport University

Editors and Editorial Board

Editor-in-Chief

A. L. Manakov, Doctor of Engineering, Associate Professor

Deputy Editor

A. D. Abramov, Doctor of Engineering, Associate Professor

Deputy Editor

A. S. Ilinykh, Doctor of Engineering, Associate Professor

Executive Secretary

M. S. Galay, Candidate of Engineering

Editors

S. A. Bessonenko, Doctor of Engineering, Associate Professor, Siberian Transport University, Novosibirsk

V. S. Vorobyev, Doctor of Engineering, Professor, Siberian Transport University, Novosibirsk

S. I. Gerasimov, Doctor of Engineering, Professor, Siberian Transport University, Novosibirsk

V. V. Gerasimov, Doctor of Engineering, Professor, Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering, Novosibirsk

A. K. Golovnich, Doctor of Engineering, Associate Professor, Belarusian State University of Transport, Belarus

D. G. Evseev, Doctor of Engineering, Professor, Moscow State University of Railway Engineering, Moscow

A. L. Isakov, Doctor of Engineering, Professor, Siberian Transport University, Novosibirsk

A. M. Karaulov, Doctor of Engineering, Professor, Siberian Transport University, Novosibirsk

N. I. Karpuschenko, Doctor of Engineering, Professor, Siberian Transport University, Novosibirsk

K. L. Komarov, Doctor of Engineering, Professor, Siberian Transport University, Novosibirsk

S. A. Kondratyev, Doctor of Engineering, IGD SB RAS, Novosibirsk

K. V. Korolev, Doctor of Engineering, Associate Professor, Siberian Transport University, Novosibirsk

M. E. Koryagin, Doctor of Engineering, Associate Professor, Siberian Transport University, Novosibirsk

Y. A. Pronozin, Doctor of Engineering, Professor, TIU, Tyumen

V. I. Khabarov, Doctor of Engineering, Professor, Siberian Transport University, Novosibirsk

S. A. Shakhov, Doctor of Engineering, Associate Professor, Siberian Transport University, Novosibirsk

V. S. Shvartsfeld, Doctor of Engineering, Professor, Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University, St. Petersburg

K. A. Chernyi, Doctor of Engineering, Associate Professor, Perm National Research Polytechnic University, Perm

English Text Reviewer

I. I. Stepachkova, Senior Lecturer

Text Reviewers **E. E. Ryzhkova**, **A. O. Elesina**, **Yu. V. Pechenkina**

Managing Editor **B. V. Ustinov**, Candidate of Engineering

Layout Designer **Yu. V. Bortsova**

Cover Designer **A. S. Petrenko**

Main contact details

Siberian Transport University
room 307, 191, Dusi Kovalchuk St.
630049, Novosibirsk, Russia
Phone: (383) 328-04-36
Web: <http://www.stu.ru> (Scientific Activity section)
E-mail: vestnik.stu@yandex.ru

The journal was registered by the Federal Service for Supervision of Communications, Information Technology and Mass Media in 2021.

ISSN: 1815-9265

Включен в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук и на соискание ученой степени доктора наук, по группам научных специальностей 05.22.00 «Транспорт» и 05.23.00 «Строительство и архитектура», а также по специальности 05.02.22 «Организация производства (в отраслях транспорта)»

№ 3 (62) · 2022 · ИЮЛЬ – СЕНТЯБРЬ · 16+

Выходит один раз в три месяца. Основан в 1999 г.

СОДЕРЖАНИЕ

Транспорт

- Гришкова Д. Ю., Тесленко И. О.* Оценка транспортно-логистических схем доставки скоропортящихся грузов в Западно-Сибирском регионе.....6
- Репях А. Ю.* Анализ эффективности работы снегоуборочных поездов с помощью картирования15

Строительство и архитектура

- Лычковский А. А., Луцкий С. Я.* Особенности геотехнического мониторинга сооружения земляного полотна на многолетнемерзлых грунтах23
- Карпущенко Н. И., Комардинкин Р. А.* Обеспечение безопасности при проезде поездов по стрелочным переводам на осбогрозонапряженных участках31
- Лабутин Н. А., Дьяченко Л. К., Ланг А. В.* Экспериментальные измерения аэродинамики подвижного состава40
- Засухин И. В., Соловьев Л. Ю.* Особенности пространственной работы железнодорожных металлических пролетных строений, установленных в кривых участках пути.....49
- Шохирев М. В.* К методике расчета несущей способности двухслойных оснований.....57
- Донец А. Н., Любимов С. В., Демина О. А.* Оценка усталостной долговечности ортотропных пролетных строений с использованием программных комплексов.....67

К юбилею университета

- Воробьев В. С., Волежанина И. С., Исаков А. Л., Карпущенко Н. И., Матвиенко В. С., Щербаков В. В.* Факультету «Строительство железных дорог» – 90 лет80
- Бахтин С. А., Герасимов С. И., Королев К. В., Иванов А. Н., Попов А. М., Яшинов А. Н.* Научно-исследовательская работа на факультете «Мосты и тоннели».....90
- Куц К. Л.* Научно-исследовательская работа на факультете «Промышленное и гражданское строительство»105
- Ильиных А. С., Бабич А. В., Сырямин Ю. Н., Бехер С. А., Кочергин В. И.* Развитие научных школ факультета «Управление транспортно-технологическими комплексами»112

Included in the List of peer-reviewed scientific publications in which the main scientific results of candidate's thesis and doctoral thesis should be published in scientifically oriented groups 05.22.00 "Transport" and 05.23.00 "Construction and Architecture", as well as in the speciality 05.02.22 "Industrial engineering (in transport industry)"

№ 3 (62), 2022 July – September 16+

Issued quarterly. Established in 1999

CONTENTS

Transport

- D. Yu. Grishkova, I. O. Teslenko.* Evaluation of transport and logistics schemes for the delivery of perishable goods in the West-Siberian region6
- A. Yu. Repyakh.* Analysis of the efficiency of snow brush train operation with mapping15

Building and Architecture

- A. A. Lychkovskiy, S. Ya. Lutskiy.* Features of geotechnical monitoring of roadway construction on permafrost soils23
- N. I. Karpuschenko, R. A. Komardinkin.* Ensuring the safety of train traffic on turnouts transfers in especially busy areas31
- N. A. Labutin, L. K. Dyachenko, A. V. Lang.* Experimental measurements of rolling stock aerodynamics40
- I. V. Zasukhin, L. Yu. Solovyov.* Features of skipping the work of railway metal superstructures, collection on curved sections of the track49
- M. V. Shokhirev.* Additions to the method of calculating the load-bearing capacity of two-layer foundations57
- A. N. Donetsk, S. V. Lubimov, O. A. Dyomina.* Fatigue durability evaluation of orthotropic deck bridge based on software systems67

To the Anniversary of the University

- V. S. Vorobiev, I. S. Volegzhnina, A. L. Isakov, N. I. Karpuschenko, V. S. Matvienko, V. V. Shcherbakov.* Railway Construction Faculty is 90 years old NIVIT – NIIZhT – STU80
- S. A. Bakhtin, S. I. Gerasimov, K. V. Korolev, A. N. Ivanov, A. M. Popov, A. N. Yashnov.* Research work at Bridges and Tunnels Faculty90
- K. L. Kunts.* Research work at Civil Engineering Faculty105
- A. S. Ilinykh, A. V. Babich, Yu. N. Syryamin, S. A. Bekher, V. I. Kochergin.* Development of scientific schools of the Management of Transport Technological Complexes Faculty112

Дорогие читатели!

Очередной номер научно-теоретического журнала «Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения» посвящен 90-летию нашего вуза, и эта знаменательная дата придает ему особую весомость. Важно отметить, что журнал, отражающий актуальные вопросы транспорта, строительства и организации производства, на протяжении уже многих лет неизменно пользуется популярностью и авторитетом как у читателей, так и у авторов статей.

Журнал без преувеличения можно назвать одним из самых достоверных и объективных источников информации для специалистов строительной и транспортной отраслей, как уже состоявших в профессии, так и будущих. Высокая информативность, разнообразие и актуальность тематики, глубина и обоснованность постановки научно-технических, экономических и производственных проблем, привлечение в качестве авторов не только ученых, но и квалифицированных профессионалов – все это делает журнал надежным помощником для самих ученых, а также для практикующих специалистов, аспирантов и студенческой молодежи.

На страницах издания можно ознакомиться с мнениями руководителей основных направлений инновационного развития отрасли, наиболее интересными результатами исследований, размышлениями участников транспортного и строительного рынка о проблемах и перспективах развития железных дорог. Несомненно, глубокий подход к затрагиваемым темам делает продукт коллективного труда востребованным для дальнейших исследований, а также на практике, в производственном процессе.

Редакция журнала «Вестник СГУПС» намерена и в будущем идти в ногу со временем, всемерно содействовать успешному решению многоплановых задач, стоящих перед научным сообществом.

В год 90-летия нашего университета от всей души желаю коллективу журнала, авторам и читателям дальнейшей плодотворной работы, творческого долголетия и укрепления деловых контактов.



*Алексей Леонидович Манаков,
главный редактор журнала,
ректор СГУПС,
доктор технических наук*

ТРАНСПОРТ

Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. 2022. № 3 (62). С. 6–14.
The Siberian Transport University Bulletin. 2022. No. 3 (62). P. 6–14.

ТРАНСПОРТ

Научная статья
УДК 656.212.7
doi 10.52170/1815-9265_2022_62_6

Оценка транспортно-логистических схем доставки скоропортящихся грузов в Западно-Сибирском регионе

Диана Юрьевна Гришкова^{1✉}, Игорь Олегович Тесленко²

^{1,2} Сибирский государственный университет путей сообщения, Новосибирск, Россия

¹ raigas@inbox.ru✉

² teslenko.io@mail.ru

Аннотация. В статье рассмотрена значимость продовольственной безопасности нашей страны в свете последних экономических и политических событий на международной арене. Отмечено, что по всей стране реализуется большое количество инвестиционных проектов по развитию складской инфраструктуры, а также по созданию распределительных центров крупных продовольственных ритейлов. Рассмотрены характеристика и особенности развития Западно-Сибирского региона: его площадь, средняя численность населения, протяженность железных дорог и автомагистралей. Доказана актуальность транспортировки скоропортящихся грузов от распределительного центра до ближайших потребителей по территории Новосибирска и Новосибирской области. В приведенном примере рассматривается развитие международного логистического центра в Новосибирске как в крупном транспортном узле. Дана оценка прогнозного значения перевозки продовольственной продукции по Сибирскому федеральному округу. Отмечено, что, несмотря на снижение количества жителей в отдельных больших и средних городах Западно-Сибирского региона, наблюдается рост потребительской способности скоропортящихся грузов, а также других видов продовольствия. Описаны варианты транспортировки продовольственных грузов в зависимости от типа транспортного средства и формы собственности. Выполнены экономические расчеты в зависимости от варианта транспортировки скоропортящихся грузов в Западно-Сибирском экономическом регионе. В экономических расчетах учитывались такие значимые показатели, как затраты на топливо, необходимое для передвижения транспортного средства и работы холодильной установки; затраты на смазочные материалы; затраты, связанные с износом шин; расходы, связанные с приобретением запасных частей; расходы, связанные с оплатой труда водителей; расходы, связанные с оплатой в счет возмещения вреда, причиняемого автомобильным дорогам (система «Платон»). В результате сравнительного анализа автотранспортных средств для транспортировки разработаны рекомендации по использованию того или иного варианта транспортировки в зависимости от условий и расстояния перевозки. Отмечено, что использование среднетоннажных автомобилей-рефрижераторов грузоподъемностью 8 т в количестве 3 шт. оказалось очень дорогим, так как собственникам транспортных средств невыгодно сдавать их в долгосрочную аренду.

Ключевые слова: скоропортящиеся грузы, транспортное средство, транспортно-логистические центры, автомобильный транспорт, затраты, Западно-Сибирский регион

Для цитирования: Гришкова Д. Ю., Тесленко И. О. Оценка транспортно-логистических схем доставки скоропортящихся грузов в Западно-Сибирском регионе // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. 2022. № 3 (62). С. 6–14. DOI 10.52170/1815-9265_2022_62_6.

TRANSPORT

Original article

Evaluation of transport and logistics schemes for the delivery of perishable goods in the West-Siberian region

Diana Y. Grishkova¹, Igor O. Teslenko²

^{1,2} Siberian Transport University, Novosibirsk, Russia

¹ raigas@inbox.ru

² teslenko.io@mail.ru

© Гришкова Д. Ю., Тесленко И. О., 2022

Abstract. The article examines the importance of food security of our country in light of recent economic and political events in the international arena. It is noted that a large number of investment projects are being implemented throughout the country for the development of warehouse infrastructure, as well as the creation of distribution centers for large food retailers. The characteristics and features of the development of the West-Siberian region are considered: its area, average population, length of railways and highways. The relevance of transportation of perishable goods from the distribution center to the nearest consumers on the territory of Novosibirsk and the Novosibirsk region is proved. In the considered example, the development of an international logistics center in Novosibirsk as a major transport hub is considered. The estimation of the forecast value of transportation of food products in the Siberian Federal District is given. It is noted that despite the decrease in the number of residents in some large and medium-sized cities of the West Siberian region, there is an increase in the consumer capacity of perishable goods, as well as other types of food. Options for the transportation of perishable goods are considered, depending on the type of vehicle and the form of ownership. Economic calculations were performed depending on the option of transportation of perishable goods in the West-Siberian Economic region. The economic calculations took into account such significant indicators as: the cost of fuel required for the movement of the vehicle and the operation of the refrigeration unit; the cost of lubricants; costs associated with tire wear; costs associated with the purchase of spare parts; costs associated with the payment of drivers; costs associated with payment for damages, caused to highways (the Plato system). As a result of a comparative analysis of vehicles for transportation, recommendations have been developed on the use of one or another transportation option, depending on the conditions and distance of transportation. It is noted that the use of three medium-tonnage refrigerated trucks with a carrying capacity of 8 tons each turned out to be very expensive, since it is unprofitable for owners of vehicles to lease them for a long-term lease.

Keywords: perishable goods, vehicle, transport and logistics centers, road transport, costs, West Siberian region

For citation: Grishkova D. Yu. Teslenko I. O. Evaluation of transport and logistics schemes for the delivery of perishable goods in the West-Siberian region. *The Siberian Transport University Bulletin*. 2022;(62):6–14. (In Russ.). DOI 10.52170/1815-9265_2022_62_6.

Введение

Наше государство уделяет большое внимание развитию продовольственного рынка страны, транспортной и складской инфраструктуры [1]. В 2019 г. Министерством транспорта Российской Федерации утверждены Правила перевозок железнодорожным транспортом скоропортящихся грузов. По всей стране реализуется большое количество инвестиционных проектов по развитию складской инфраструктуры, а также по созданию распределительных центров крупных продовольственных ритейлов, таких как X5 RetailGroup, «Вкусвилл», «Магнит», DKBR Mega Retail Group Limited, «Светофор», Metro Cash&Carry и другие [2].

На сегодняшний день в условиях закрытых границ, связанных с пандемией, вопросам продовольствия уделяется особое внимание. Главная цель сегодня – обеспечение продуктами первой необходимости, к которым относятся и скоропортящиеся грузы (далее – СПГ), по доступным для населения ценам.

Выбор маршрута транспортировки, а также вида транспорта играет немаловажную роль в ценообразовании СПГ.

С 2018 г. стоимостный объем рынка коммерческих автомобильных перевозок в России растет в среднем на 4,0–7,7 %, что объясняется

ростом внутреннего спроса. Росту объемов перевезенных грузов способствует улучшение общей экономической ситуации, растущий спрос на автотранспортные услуги со стороны крупного ритейла и развитие электронной коммерции. В 2018 г. рынок интернет-торговли увеличился на 59 % – до 1,66 трлн р., что стало самым большим значением прироста с 2010 г. Также позитивное влияние оказали расширение дорожной сети и улучшение качества дорожного покрытия [3].

Выполним оценку вариантов конкурентоспособности перевозок СПГ автомобильным транспортом в пределах Западно-Сибирского региона между городами, средняя численность населения которых составляет более 350 000 чел. и которые расположены на расстоянии 500–750 км в радиусе от Новосибирска.

Западно-Сибирский регион имеет площадь 2 451,1 тыс. км² (15 % территории РФ). Население региона – 17,9 млн чел., что составляет около 11 % населения РФ. На данной территории располагается девять субъектов РФ.

Общая протяженность железнодорожных магистралей региона составляет около 13 тыс. км. Сеть автодорог общего пользования – 103 641,4 км, в том числе с твердым покрытием – 91 952,3 км [4].

Город Новосибирск выполняет функцию самого крупного транспортного, распределительного и транзитного узла в Сибирском федеральном округе (СФО).

Новосибирск является третьим по численности городом в РФ (примерное население – 1 620 162 чел.), а также центром Западно-Сибирского экономического района. Через Новосибирск проходит международный транспортный коридор (МТК) Транссиб, железнодорожный и автомобильные выходы в Казахстан и другие страны.

Город является крупным железнодорожным узлом, кроме Транссиба, в Новосибирске сходятся железные дороги Алтайского и Кузбасского направлений. Автомобильные шоссе идут из города в шести направлениях.

Для принятия и переработки грузов, следующих в интермодальном сообщении по РФ по международным транспортным коридорам, а также для обеспечения соответствующего уровня сервисного обслуживания первостепенное значение, наряду с развитием транспортных коммуникаций с соответствующим обустройством, имеет создание в крупных транспортных узлах вдоль трассы МТК мультимодальных терминальных комплексов и транспортно-логистических центров, функционирующих на основе передовых логистических технологий и обеспечивающих интеграцию товароматериальных, информационных, сервисных и финансовых потоков.

Основополагающими элементами логистической инфраструктуры МТК являются мультимодальные транспортно-логистические центры (МТЛЦ), обеспечивающие скоординированное взаимодействие всех видов транспорта и других участников транспортно-логистического процесса, рассматриваемые как стратегические точки роста экономики страны [5, 6].

Для обеспечения продовольственной безопасности и быстро растущих потребностей населения, в том числе в продуктах питания, в нашей стране необходимо создать 10 МТЛЦ федерального уровня, порядка 20 МТЛЦ регионального уровня и свыше 50 МТЛЦ территориального уровня [7, 8]. Один из таких федеральных МТЛЦ в настоящее время формируется на территории Новосибирска.

Федеральная служба государственной статистики «Росстат» в своей оценке ВВП за пер-

вый квартал 2020 г. отмечает рост показателей в сфере транспортировки и хранения продукции (увеличение индекса валовой добавленной стоимости на 3,1 % по сравнению с аналогичным периодом 2019 г.).

Строительство складских помещений для ритейла в Новосибирске будет развиваться в ближайшие годы активными темпами. Во-первых, этот тренд характерен для рынка логистики нестоличных регионов страны: розничная торговля формирует наибольшую долю в структуре спроса на качественную складскую недвижимость. Во-вторых, Новосибирск, являясь крупнейшим транспортно-логистическим узлом РФ, опорной точкой, где концентрируются и распределяются грузы для аудитории 12–14 млн чел., притягивает внимание федеральных игроков [9]. Схема движения грузовых потоков СПГ через Новосибирск приведена на рис. 1.

Несмотря на снижение населения в отдельных больших и средних городах Западно-Сибирского региона, на основании статистики Росстата, наблюдается рост потребительской способности СПГ, а также других видов продовольствия. Выполненные расчеты по прогнозированию грузопотоков СПГ в ближайшие назначения из Новосибирска показали, что к 2025 г. объемы возрастут по сравнению с 2021 г. примерно в 1,22 раза. Следовательно, можно отметить, что перевозки СПГ в ближайшие от Новосибирска города будут также актуальны в течение нескольких лет.

Материалы и методы исследования

Определим оптимальный маршрут перевозки СПГ в Западно-Сибирском регионе, при этом в качестве расчетного маршрута следования СПГ рассмотрим направление Новосибирск – Новокузнецк (НКЗ).

Кратчайшее расстояние для высокотоннажных транспортных средств (ТС) составляет 371 км. Направление попадает под категорию межобластного сообщения, проходит через сеть региональных трасс, а также скоростную автомагистраль [10].

Город Новокузнецк является наиболее многочисленным городом в Западно-Сибирском регионе среди городов с населением более 500 000 чел. и имеет развитую сеть железных дорог, железнодорожных станций и подходов, торговых площадок, муниципальных



Рис. 1. Схема движения грузовых потоков СПГ через Новосибирск

распределительных центров, продуктовых складов и др. [11].

На сегодняшний день в автомобильном транспорте существует широкая линейка ТС, позволяющая эффективно осуществить скоростную перевозку СПГ без привязки к месту погрузки, месту складского хранения и конечному пункту доставки, а также доставку СПГ по формату «от двери до двери».

В экономических расчетах рассматривается пример схемы доставки СПГ крупнейшим продовольственным ритейлом X5 RG, в частности сетью продуктовых и продовольственных магазинов «Пятерочка».

Исследуемая компания в сентябре 2019 г. в промышленно-логистическом парке Новосибирска открыла собственный распределительный центр (рис. 2). Новый объект позво-



Рис. 2. Распределительный центр торговой сети «Пятерочка» в промышленно-логистическом парке г. Новосибирска

лит сохранить высокие темпы роста сети в СФО, повысить уровень локализации ассортимента в своих магазинах за счет привлечения еще большего количества местных партнеров, а местным производителям, в свою очередь, поможет расширить географию поставок продукции за пределы СФО [12].

Мощности нового распределительного центра достаточно, чтобы обслуживать в два раза больше магазинов, чем функционирует под брендом «Пятерочка» в Сибири сегодня, т. е. более 600 шт. против 1 200 шт. [13]. Дополнительные возможности позволяют иметь серьезный потенциал для развития, а также привлекать партнерские розничные сети к сотрудничеству.

Площадь центра составляет 38 500 м² и позволяет обрабатывать 5 тыс. т груза в сутки. Центр обслуживает более 135 населенных пунктов в субъектах РФ. Годовые объемы перевозок СПГ торговой сети «Пятерочка» по Западно-Сибирскому региону приведены на рис. 3.

При выполнении экономических расчетов за расчетный объем перевозок принимался объем 123 тыс. т.

При определении затрат по перевозке автомобильным транспортом СПГ рассматриваются следующие блоки по четырем выбранным транспортным средствам:

– пользование услугами транспортно-экспедиционной компании;

– возможность использования собственных транспортных средств;

– возможность использования арендованного автотранспорта.

В табл. 1 перечислены виды ТС автомобильного транспорта, используемых при перевозке СПГ.

При расчете затрат по первому варианту перевозки за основу взят онлайн-сервис транспортно-экспедиционной компании «Деловые линии» [14]. Онлайн-калькулятор компании «Деловые линии» предлагает перевозку СПГ в формате «Перевозка еврофурой». Данный сервис позволяет перевезти груз по выбранному маршруту в специально выделенном автомобильном рефрижераторе грузоподъемностью 20 т и объемом кузова 80 м³. В стоимость также входит услуга страхования перевозимого СПГ, являющаяся обязательной при перевозке выбранного груза.

При расчете по второму варианту в качестве конечного значения затрат, связанных с использованием собственного автомобильного транспорта, определяется себестоимость одной перевозки по выбранному маршруту, умноженная на количество рейсов, необходимых для перевозки заданного объема груза из

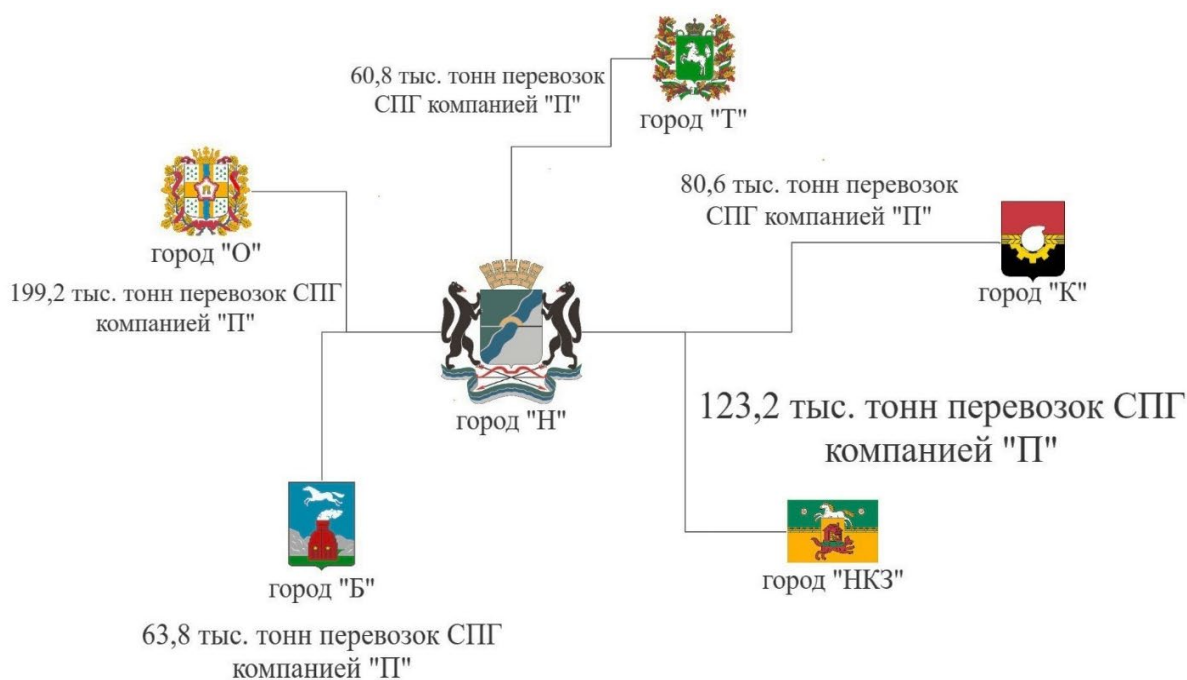


Рис. 3. Годовой объем перевозок СПГ торговой сети «Пятерочка» по Западно-Сибирскому региону

Таблица 1

Виды ТС автомобильного транспорта, используемых при перевозке СПГ

Тип ТС	Марка ТС	Грузоподъемность, т	Объем кузова, м ³
Автопоезд	MAN TGS 26.350	26,5	48
	Schmitz Z.KO18		48
Среднетоннажный рефрижератор	ISUZU FORWARD 18.0	8	3×34
Седельный тягач с рефрижераторным полуприцепом	Седельный тягач SCANIA P380 A4X2NA	26,6	–
	Рефрижераторный полуприцеп Schmitz SKO 24/L		82
Седельный тягач + платформа-контейнеровоз + 40-футовый рефрижераторный контейнер	Седельный тягач SCANIA P380 A4X2NA	27,9	–
	Платформа-контейнеровоз Wielton NS 3 P45 R1 M2		–
	40-футовый рефрижераторный контейнер TCM 40HCDD		69,81

Новосибирска в Новокузнецк. Дополнительно также необходимо учесть стоимость приобретения транспортных средств. Выберем наиболее популярный и выгодный формат приобретения ТС – лизинг [15].

В современном мире на первый план выходит скорость принятия решений, а также качество оказываемых услуг, клиентоориентированность и высокий сервис. Управленческий персонал транспортно-экспедиторских, логистических терминально-складских компаний и организаций должен в максимально сжатые сроки разработать наиболее верную стратегию: четко определить маршрут перевозки, количество ТС, необходимых для перевозки заявленного объема груза, выбрать оптимальные ТС и т. д., при этом не только сохранив рентабельность перевозки, но и получив высокую маржинальность от каждой закрытой сделки [16].

Отметим основные экономические затраты, влияющие на себестоимость перевозки вне зависимости от форм собственности ТС и движимого имущества:

- затраты на топливо ТС и работу холодильной установки;
- затраты на смазочные материалы;
- затраты, связанные с износом шин;
- расходы, связанные с приобретением запасных частей;
- расходы, связанные с оплатой труда водителей ТС;
- расходы, связанные с оплатой в счет возмещения вреда, причиняемого автомобильным дорогам (система «Платон»).

Указанные выше затраты легли в основу определения возможности транспортировки груза с наименьшими издержками для транспортной компании, а также определения размера прибыли при реализации перевозки.

Результаты исследования

Результаты экономических расчетов по трем рассматриваемым вариантам использования транспортных средств приведены в табл. 2.

При выборе ТС важно учитывать не только грузоподъемность, но и объем кузова, рентабельность перевозки в зависимости от маршрута и расстояния, количество транспортных средств, необходимых для перевозки заданного объема груза, и другие факторы.

Исходя из выполненных расчетов сделан вывод, что наиболее экономически целесообразным вариантом перевозки СПГ автомобильным транспортом оказался вариант приобретения собственных транспортных средств – седельного тягача SCANIA P380 A4X2NA, оборудованного рефрижераторным полуприцепом Schmitz SKO 24/L [17, 18]. При практически равной грузоподъемности с автопоездом данное транспортное средство имеет меньший расход топлива для транспортировки и потребный расход топлива для работы холодильной установки.

В случае дефицита парка седельных тягачей с полуприцепами относительно целесообразно использование автопоездов MAN TGS 26.350 с прицепом Schmitz Z.KO18. Данный вариант имеет больший объем кузова и низкие затраты на амортизационные отчисления и налоговые платежи среди крупнотоннажных ТС.

Таблица 2

Сравнение размеров затрат относительно имеющихся трех вариантов использования ТС, р.

Тип ТС	Марка ТС	I вариант	II вариант	III вариант
		Услуги транспортно-экспедиционной компании	Использование собственных ТС	Использование арендуемых ТС
Автопоезд	MAN TGS 26.350	255 220 000	57 102 857	57 898 470
	Schmitz Z.KO18			
Три среднетоннажных рефрижератора	ISUZU FORWARD 18.0		132 800 534	83 332 500
Седельный тягач с рефрижераторным полуприцепом	Седельный тягач SCANIA P380 A4X2NA		56 976 938	57 122 540
	Рефрижераторный полуприцеп Schmitz SKO 24/L			
Седельный тягач + платформа-контейнеровоз + 40-футовый рефрижераторный контейнер	Седельный тягач SCANIA P380 A4X2NA		60 542 807	61 128 471
	Платформа-контейнеровоз Wielton NS 3 P45 R1 M2			
	40-футовый рефрижераторный контейнер TCM 40HCDD			

Для достижения максимальной экономической эффективности необходимо использовать современные способы приобретения собственных ТС, например, в формате лизинга, который позволяет в течение трех лет сохранять низкую себестоимость перевозок, а также обеспечить приобретение собственных ТС.

Выводы

Современные авторефрижераторы, имеющие срок службы 7–10 лет, позволяют повысить доход при оказании транспортных услуг

собственными транспортными средствами с четвертого года использования.

Важно отметить, что использование среднетоннажных автомобилей-рефрижераторов грузоподъемностью 8 т в количестве 3 шт. оказалось очень дорогим, так как собственникам ТС невыгодно сдавать их в долгосрочную аренду.

Данный вид ТС выгоден для перевозок среднетоннажного объема СПГ (междугородные перевозки, перевозки с распределительных складов до розничных сетей) в пределах региона на расстояния до 120–150 км.

Список источников

1. Об утверждении Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации : Указ Президента Российской Федерации от 21.01.2020 № 20 // Президент России : [сайт]. URL: <http://kremlin.ru/acts/bank/45106> (дата обращения: 19.04.2021).
2. Лавриненко П. П. Транспортная инфраструктура и экономический рост. М. : Перо, 2019. 142 с. ISBN 978-5-00150-604-1.
3. Тузов К. А., Сабельников И. Е. Грузовые перевозки в России: обзор текущей статистики // Бюллетень о текущих тенденциях российской экономики. 2019. № 53. С. 3–5.
4. Сибирский федеральный округ // Министерство транспорта Российской Федерации : [сайт]. URL: https://old.mintrans.ru/activity/transport_of_russian/2489/ (дата обращения: 11.03.2021).
5. Покровская О. Д., Самуйлов В. М. Международная логистика Транссибирской магистрали: использование транзитного потенциала России // Инновационный транспорт. 2016. № 3 (21). С. 3–7.
6. Гришкова Д. Ю. Определение перерабатывающей способности терминала при различных условиях работы // Заметки ученого. 2021. № 1. С. 30–34.
7. Покровская О. Д. Эволюционно-функциональный подход к развитию транспортных узлов // Политранспортные системы : материалы IX Международной научно-технической конференции. Новосибирск : Издательство Сибирского государственного университета путей сообщения, 2017. С. 233–238.

8. Гришкова Д. Ю. Анализ транспортно-логистической инфраструктуры Новосибирской области // Глобальная экономика в XXI веке: роль биотехнологий и цифровых технологий : сборник научных статей по итогам работы второго круглого стола с международным участием. М., 2020. С. 170–172.
9. Тихомиров А. И. Склады на подъеме // Экономика региона. 2019. № 110. С. 10.
10. Поиск маршрута Новосибирск – Новокузнецк // 2ГИС – офлайн карты : [сайт]. URL: 2gis.ru/novokuznetsk/branches/70000001025142085/firm (дата обращения: 03.05.2021).
11. Актуальные вопросы развития инфраструктуры Кузбасса рассмотрел Комитет СФ по экономической политике // Совет Федерации Федерального Собрания Российской Федерации : [сайт]. URL: <http://council.gov.ru/events/news/104771/> (дата обращения: 11.04.2021).
12. X5 открыла логистический комплекс в Сибири // X5 Group : [сайт]. URL: <https://www.x5.ru/ru/Pages/Media/News/060919.aspx> (дата обращения: 16.05.2021).
13. «Пятерочка» запаслась ресурсами для освоения Сибири // INFOPRO 54. Бизнес. Экономика. Власть : [сайт]. URL: <https://infopro54.ru/news/pyaterochka-zapaslas-resursami-dlya-osvoeniya-sibiri/> (дата обращения: 20.05.2021).
14. Деловые линии : [сайт]. URL: <https://www.dellin.ru/> (дата обращения: 25.05.2021).
15. Лизинг как финансовая услуга // Справочник по лизингу. URL: <https://www.all-leasing.ru/info/#lizing-kak-finansovaya-usluga> (дата обращения: 21.05.2021).
16. Гришкова Д. Ю., Корнеев М. В. Развитие электронных сервисов для контейнерных перевозок // Политранспортные системы : материалы XI Международной научно-технической конференции. Новосибирск : Издательство Сибирского государственного университета путей сообщения, 2020. С. 705–709.
17. Гришкова Д. Ю. Выбор подвижного состава для автомобильной перевозки // Инновации. Наука. Образование. 2020. № 11. С. 200–205.
18. Зачешигрина М. А., Тесленко И. О. Проблемы логистики перевозки скоропортящихся грузов в Российской Федерации // Фундаментальные и прикладные вопросы транспорта. 2020. № 1. С. 41–47.

References

1. On the approval of the Food Security Doctrine of the Russian Federation: Decree of the President of the Russian Federation dated 21.01.2020. *The President of Russia: [site]*. (In Russ.) URL: <http://kremlin.ru/acts/bank/45106>.
2. Lavrinenko, P. P. Transport infrastructure and economic growth. Moscow: Pero Publishing House; 2019. 142 p. ISBN 978-5-00150-604-1. (In Russ.).
3. Tuzov K. A., Sabelnikov I. E. Cargo transportation in Russia: overview of current statistics. *Bulletin on current trends in the Russian economy*. 2019;(53):3–5. (In Russ.).
4. Siberian Federal District. *Ministry of Transport of the Russian Federation: [site]*. (In Russ.). URL: https://old.mintrans.ru/activity/transport_of_russian/2489/.
5. Pokrovskaya O. D., Samuilov V. M. International logistics of the Trans-Siberian Railway: Using the transit potential of Russia. *Innovative transport*. 2016;(21):3–7. (In Russ.).
6. Grishkova D. Yu. Determination of the processing capacity of the terminal under various operating conditions. *Notes of the scientist*. 2021;(1):30–34. (In Russ.).
7. Pokrovskaya O. D. An evolutionary and functional approach to the development of transport hubs. *Polytransport systems materials of the IX International Scientific and Technical Conference*. Novosibirsk: Siberian Transport University; 2017. P. 233–238. (In Russ.).
8. Grishkova D. Yu. Analysis of the transport and logistics infrastructure of the Novosibirsk region. *The Global Economy in the XXI century: the role of biotechnologies and digital technologies. Collection of scientific articles based on the results of the second round table with international participation*. Moscow; 2020. P. 170–172.
9. Tikhomirov A. I. Warehouses on the rise. *Economics of the region*. 2019;(110):10. (In Russ.).
10. Search for the route Novosibirsk – Novokuznetsk. 2 GIS – offline maps: [site]. (In Russ.). URL: 2gis.ru/novokuznetsk/branches/70000001025142085/firm.
11. Current issues of Kuzbass infrastructure development were considered by the SF Committee on Economic Policy. *Federation Council of the Federal Assembly of the Russian Federation: [site]*. (In Russ.). URL: <http://council.gov.ru/events/news/104771/>.
12. X5 has opened a logistics complex in Siberia. *X5 Group: [site]*. URL: <https://www.x5.ru/ru/Pages/Media/News/060919.aspx>.
13. Pyaterochka has stocked up on resources for the development of Siberia. *INFOPRO 54. Business, Economy, Power: [site]*. (In Russ.). URL: <https://infopro54.ru/news/pyaterochka-zapaslas-resursami-dlya-osvoeniya-sibiri>.

14. Business Lines Company: [site] URL: <https://www.dellin.ru>.
15. Leasing as a financial service. *Leasing Handbook: [site]*. (In Russ.). URL: <https://www.all-leasing.ru/info/#lizing-kak-finansovaya-usluga>.
16. Grishkova D. Yu., Korneev M. V. Development of electronic services for container transportation. *Materials of the XI International Scientific and Technical Conference Polytransport systems*. Novosibirsk: Siberian Transport University; 2020. P. 705–709. (In Russ.).
17. Grishkova D. Yu. The choice of rolling stock for automobile transportation. *Innovations. The science. Education*. 2020;(11):200–205. (In Russ.).
18. Zacheshigriya M. A., Teslenko I. O. Problems of logistics of transportation of perishable goods in the Russian Federation. *Fundamental and applied questions of transport*. 2020;(1):41–47. (In Russ.).

Информация об авторах

Д. Ю. Гришкова – доцент кафедры «Логистика, коммерческая работа и подвижной состав» Сибирского государственного университета путей сообщения, кандидат технических наук.

И. О. Тесленко – доцент кафедры «Логистика, коммерческая работа и подвижной состав» Сибирского государственного университета путей сообщения, кандидат технических наук.

Information about the authors

D. Yu. Grishkova – Candidate of Engineering, Associate Professor of the Logistics, Commercial Work and Rolling Stock Department, Siberian Transport University.

I. O. Teslenko – Candidate of Engineering, Associate Professor of the Logistics, Commercial Work and Rolling Stock Department, Siberian Transport University.

Статья поступила в редакцию 07.04.2022; одобрена после рецензирования 08.04.2022; принята к публикации 20.05.2022.

The article was submitted 07.04.2022; approved after reviewing 08.04.2022; accepted for publication 20.05.2022.

TRANSPORT

Научная статья
УДК 658.511.3
doi 10.52170/1815-9265_2022_62_15

Анализ эффективности работы снегоуборочных поездов с помощью картирования

Алексей Юрьевич Репях

Сибирский государственный университет путей сообщения, Новосибирск, Россия, repyakh.alex06@yandex.ru

Аннотация. Оптимизация технологического процесса работы снегоуборочных поездов, являющаяся серьезной проблемой при уборке снега, достигается с использованием картирования. Это исследование дает представление о полезном времени работы снегоуборочных поездов и его потерях. Основная задача исследования – определение непроизводительных потерь времени работы снегоуборочного поезда серии СМ-2 с помощью картирования.

В работе использованы следующие методы исследования: эксперимент, анализ с помощью картирования, синтез, индукция и дедукция. Работа состоит из четырех частей: сбор данных при проведении эксперимента в производственных условиях; построение карт потока создания ценности работы текущего и целевого состояний; сравнительный анализ карт, предложение корректирующих мероприятий для минимизации потерь времени; выводы.

Анализ карт потока создания ценности работы снегоуборочного поезда текущего и целевого состояний показал, что 67,5 % потерь от общего времени смены приходится на технические и организационные операции, причем последние составляют большую часть. Установлено: запланированный объем снега возможно убрать за один цикл, но бригада совершает три неполных рейса. Таким образом, полезное время дополнительно затрачивается на ожидание, транспортирование, загрузку и выгрузку и составляет 396 мин. Технические отказы обоснованы наработкой машины более 90 % от назначенного срока службы с учетом его продления.

Использование картирования позволило выявить проблемные места в технологии работы снегоуборочных поездов и сформулировать научную проблему. Для решения выявленных проблем предложены корректирующие мероприятия.

Ключевые слова: снегоуборочный поезд, картирование, технологический цикл, потери времени, проблема

Для цитирования: Репях А. Ю. Анализ эффективности работы снегоуборочных поездов с помощью картирования // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. 2022. № 3 (62). С. 15–22. DOI 10.52170/1815-9265_2022_62_15.

TRANSPORT

Original article

Analysis of the efficiency of snow brush train operation with mapping

Alexey Yu. Repyakh

Siberian Transport University, Novosibirsk, Russia, repyakh.alex06@yandex.ru

Abstract. Optimization of the work performance of snow brush trains, being a serious problem in snow removal, can be achieved by using mapping. The paper provides insight into the productive time and time losses of snowplow trains. The main objective of the study is to determine the unproductive time losses of the SM-2 series snow removal train using mapping.

The following research methods are used in the work: experiment, analysis using mapping, synthesis, induction and deduction. The work consists of three parts: collecting data when conducting an experiment in a production environment; construction of flow maps of the value of the work of the current and target states; comparative analysis of maps, proposing corrective measures to minimize wasted time; conclusions.

An analysis of the value creation maps of the snowplow train operation showed that 67.5 % of the total time losses are accounted for by technical and organizational operations. And the latter make up the majority. It has been established that the planned amount of snow can be removed in one cycle, but the team makes 3 incomplete trips. Thus, useful time is additionally spent waiting, transporting, loading and unloading in the amount of 396

minutes. Technical failures are justified by the operating time of the machine more than 90 % of the designated service life, taking into account its extension.

The use of mapping made it possible to identify problem areas in the technology of snow brush trains and formulate a scientific problem. Corrective measures are proposed to solve the identified problems.

Keywords: snow brush train, mapping, technological cycle, loss of time, problem

For citation: Repyakh A. Yu. Analysis of the efficiency of snow brush train operation with mapping. *The Siberian Transport University Bulletin*. 2022;(62):15–22. (In Russ.). DOI 10.52170/1815-9265_2022_62_15.

Введение

Во времена сложной экономической обстановки в стране холдинг ОАО «РЖД» продолжает оптимизацию производственных процессов путем внедрения автоматизированных систем и снижения влияния человеческого фактора. В соответствии с транспортной стратегией до 2030 года существует тенденция к увеличению грузооборота и пропускной способности станций, которая в свою очередь является катализатором развития не только для путевого, но и для локомотивного комплекса [1]. Сегодня разработки ведутся в направлениях изменения интервального регулирования движения поездов, автоматизированного мониторинга работы путевых машин для обслуживания и ремонта железнодорожного пути и использования беспилотных локомотивов. Наряду с этим появляется проблема, заключающаяся в том, что существующий парк техники не выполняет новые эксплуатационные показатели, ведь конструкционные параметры машин заложены в прошлом веке. Поэтому необходимо рассматривать технологические процессы с различных сторон, находить узкие места и прибегать к инструментам повышения эффективности.

Одним из способов повышения эффективности путевых машин является снижение потерь, которые не добавляют ценности техпроцессу. Выявление, сокращение и устранение потерь в процессах планирования и управления перевозочным процессом происходит за счет применения технологий бережливого производства [2]. Механизированная уборка снега с пути не является исключением.

Основной задачей исследования является определение непроизводительных потерь времени работы снегоуборочного поезда серии СМ-2 с помощью картирования. Для оценки эффективности уборки построены карты потоков фактического и целевого состояний, а также даны рекомендации по снижению простоев.

Материалы и методы исследования

Методом эксперимента на машине СМ-2Б № 1384 проведен хронометраж рабочего времени бригады в период с 30.01.2022 по 06.02.2022 с использованием программного комплекса «Автоматизированная система контроля работы специального подвижного состава» [3]. Локомотивная бригада поезда состоит из трех человек: машинист и его помощник в головной машине управляют рабочими органами и дизель-генераторной установкой, а помощник машиниста в концевом полувагоне отвечает за выгрузку. Руководитель работ и механик сигнализации, централизации и блокировки, ответственные за безопасность техпроцесса и сохранность путевых устройств соответственно, обязательно присутствуют при выполнении технологических операций [4].

При проведении картирования возникла проблема, связанная с отсутствием документально подтвержденного фронта работ на смену, что необходимо для расчета времени такта. На практике формирование плана работ происходит на планерном совещании у начальника станции, где в соответствии с приоритетностью участков, указанной в техническо-распорядительном акте станции, определяются первоочередные пути, подлежащие очистке от снега. Исходя из нормы количества рейсов ($n_n = 2$ для станций с особыми условиями работы снегоуборочных машин) и приближенного расчета запланированных кубометров снега для вывоза ($V_{сн} \approx 500 \text{ м}^3$), определено среднее количество циклов за смену: $n_{ср} = 4$ [5].

По среднесменным показателям в рассматриваемом периоде построена карта потока создания ценности работы снегоуборочной машины № 1384 (текущее состояние).

Карта целевого состояния построена на основе рекомендаций оперативного плана по снегоборьбе, который разработан с учетом опыта предыдущих лет.

Для анализа построенных карт составлена сравнительная таблица параметров работы снегоуборочной машины в зависимости от продолжительности операций. Также разработаны технические и организационные мероприятия, направленные на минимизацию временных издержек при работе зимних поездов.

Результаты исследования

На рис. 1 выделены четыре операции, которые снизили ценность рассматриваемого технологического цикла. Стоит отметить, что совершено две выгрузки при планируемых четырех; продолжительность первого и второго циклов составила 465 мин (7,75 ч) и 60 мин (1 ч) соответственно, третий цикл не закончен. Таким образом, с учетом вынужденных

простоев средняя фактическая продолжительность одного рейса за смену $T_{\phi} = 4,37$ ч.

Из наблюдения и специфики работы выявлено, что задержки в организации движения зимних поездов на станции частично связаны с отсутствием информации у диспетчера о необходимом времени работы специального подвижного состава.

Руководитель работ не всегда дает полную и точную информацию о требуемом времени занятости участка. Поэтому для недопущения нарушения графика движения сначала пропускают грузовые и пассажирские поезда, а после дается команда на движение специальному подвижному составу. По мнению автора, зная точное время начала и окончания работ, возможно

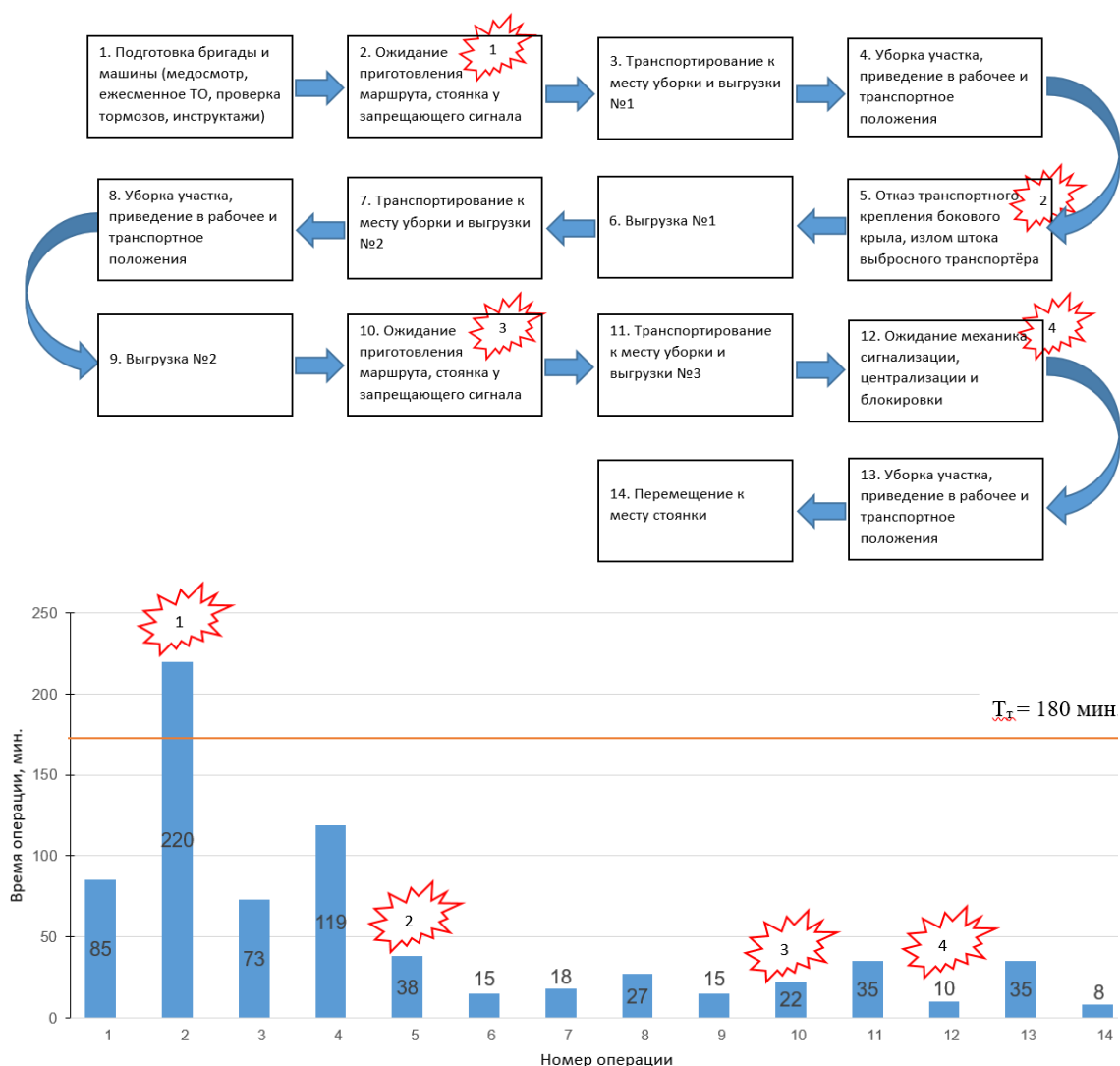


Рис. 1. Карта потока создания ценности работы снегоочистительной машины СМ-2Б № 1384 текущего состояния:

T_T – такт рабочего времени; – проблемная операция с порядковым номером

сократить непроизводительные простои, связанные с ожиданием открытия сигнала, так как повысится точность планирования.

Технические отказы обоснованы моральным и физическим старением техники. А. С. Балтабаев в ходе расчетов на прочность установил, что срок службы поезда СМ-2 может быть продлен на 10 лет и в итоге составит 40 лет [6, 7]. Однако расчет был произведен только для рамы, рабочие органы в прочностном эксперименте не участвовали. На момент публикации статьи с учетом продления данного срока продолжительность наработки СМ-2Б № 1384 (1986 г. выпуска) до момента списания составляет менее 10 %. Возможно, это и объясняет повышенную частоту отказов, связанных с изломами металла. Излом транспортного крепления бокового крыла проиллюстрирован на рис. 2.

Оперативный план по снегоборьбе* в расчете количества рейсов учитывает коэффициент уплотнения снега в полувагонах ($k = 0,5$). Для запланированного объема количество рейсов составило:

$$n_o = \frac{V_{\text{сн}}}{V_{\text{см}}} \cdot 0,5 = \frac{500}{340} \cdot 0,5 = 0,74,$$

где $V_{\text{см}}$ – вместимость снегоуборочного поезда (для трехвагонного поезда $V_{\text{см}} = 340 \text{ м}^3$) [8].

Принято $n_o = 1$.

Для корректности расчета времени транспортирования и ожидания приготовления маршрута целевого состояния по фактической карте потока ценности учтено количество участков: $N = 3$. Следовательно, продолжительность этих операций на целевой карте пропорционально увеличена.

По вышеперечисленным корректировкам на основе рекомендаций оперативного плана для вывоза 500 м^3 снежного материала построена карта потока создания ценности работы целевого состояния (рис. 3).

В таблице представлены сравнительные характеристики проблемных операций, которые негативно повлияли на эффективность работы снегоуборочных машин.



Рис. 2. Излом транспортного крепления бокового крыла

* Оперативный план по снегоборьбе представляет собой внутренний документ ОАО «РЖД», в котором приведен расчет времени для полной

очистки от снега снегоуборочной машиной СМ-2 станции Новосибирск-Главный.

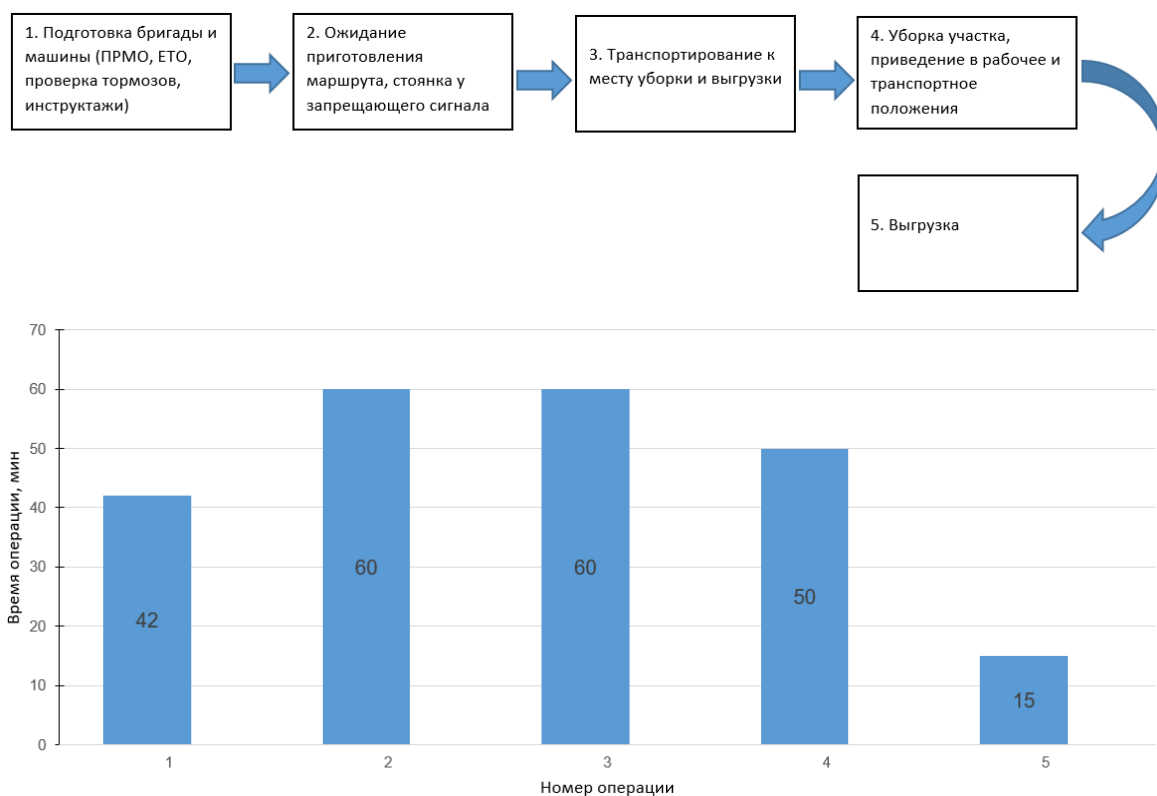


Рис. 3. Карта потока создания ценности работы снегоуборочной машины целевого состояния

Сравнительная таблица временных параметров работы снегоуборочной машины

Проблемная операция	Вид потери	Время операции, мин		Отклонение от плана, мин	Возможное решение проблемы
		План	Факт		
1. Подготовка бригады и машины	Простои	42	84	+42	Организовать своевременную доставку локомотивных бригад к путевым машинам служебным транспортом
2. Ожидание приготовления маршрута, стоянка у запрещающего сигнала	Простои	60	232	+172	Определять время работы машины на основе температуры окружающего воздуха
3. Транспортирование к месту уборки и выгрузки, к месту смены бригад	Транспортировка	60	134	+74	Изменить маршрут к установленным местам выгрузки
4. Уборка участка	Излишняя обработка	50	185	+135	В расчете необходимо учитывать плотность снега
5. Выгрузка	Излишняя обработка	15	30	+15	См. п. 4
6. Отказ транспортного крепления бокового крыла	Потери из-за дефектов	Не учитывается	38	+38	Произвести прочностной расчет применительно к рабочим органам
7. Излом штока выбросного транспортера					
8. Ожидание механика сигнализации, централизации и блокировки	Простои	Не учитывается	10	+10	См. п. 2
Итого		—		486	—

Из таблицы видно, что проблемные операции общей продолжительностью 486 мин включают в себя простои, транспортировку, излишнюю обработку, потери из-за дефектов, которые возможно сократить или вовсе исключить.

Выводы

По результатам проведенного исследования можно сделать следующие выводы:

1. Самые большие потери времени связаны с неудовлетворительной организацией движения поездов: на ожидание приготовления маршрута и стоянку перед запрещающим сигналом напольного светофора затрачено более 35 % рабочего времени (см. рис. 1, проблемные операции № 1 и 3). К тому же время выполнения данных операций превысило время такта.

2. Отказы, заключающиеся в изломе транспортного крепления бокового крыла и штока выбросного транспортера, отнесены по классификации к внезапным, вероятная причина – физический износ техники (см. рис. 1, проблемная операция № 3). Ожидание механика сигнализации, централизации и блокировки (см. рис. 1, проблемная операция № 4) свидетельствует о низком качестве планирования и несогласованности хозяйств.

3. Согласно методике расчета из оперативного плана по снегоборьбе запланированный объем снега можно было убрать за один цикл, а фактически совершается три неполных рейса. Причем подтверждено фактом: при частичной загрузке поезда бригада отправилась на выгрузку, затратив полезное время на ожидание, транспортирование, загрузку и выгрузку, равное 396 мин (см. рис. 3).

4. В сравнительной таблице выделено семь проблемных операций, которые снизили эффективность технологического процесса работы снегоуборочного поезда на 486 мин (8,1 ч), что составляет 67,5 % от общего вре-

мени смены. Больше половины потерь связаны с неудовлетворительным планированием работы техники, остальные – с отказами оборудования.

5. Сформулирована научная проблема, разрешение которой позволит исключить большинство непроизводительных потерь времени: отсутствие модели/методики планирования снегоуборочных машин с учетом плотности снега. Научные работы В. Б. Каменских и А. П. Филатова подтверждают, что плотность снега, находящегося на пути и погруженного в полувагоны, различна, поэтому оказывает значительное влияние как на продолжительность очистки станций, так и на количество рейсов [9, 10]. Однако способ определения плотности в производственных условиях и методика планирования работы техники с учетом плотности снега на пути не определены. Таким образом, главной задачей, направленной на решение поставленной проблемы, является установление математической зависимости между производительностью снегоуборочных машин и факторами внешней среды (продолжительность залегания снега, температура окружающего воздуха, скорость ветра, влажность), которые в большей степени оказывают влияние на формирование плотности.

В ходе проведения исследования использовался метод картирования, так как это распространенный метод бережливого производства для анализа технологического процесса и производства работа, позволяющий наглядно выявить операции, которые не приносят ценности конечному продукту или услуге, и устранить их [11]. В нашем случае анализ работы снегоуборочных машин также позволил сформулировать научную проблему и определить главную задачу дальнейшего исследования для разработки методики планирования работ зимних поездов с учетом плотности снега.

Список источников

1. Транспортная стратегия Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года : утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 27.11.2021 № 3363-р. URL: <https://mintrans.gov.ru/ministry/targets/187/191/documents> (дата обращения: 18.03.2022).

2. Положение об организации разработки и реализации проектов бережливого производства в ОАО «РЖД» : утверждено распоряжением ОАО «РЖД» от 14.03.2019 № 473/р. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

3. Автоматизированная система контроля за работой специального подвижного состава: отчет по выработке СМ // НИИЦ АО «ВНИИЖТ» : [сайт]. URL: <https://sps.gis.ru.net/reports/consolidate/sm> (дата обращения: 18.03.2022).
4. Положение об организации работы бригад снегоуборочной и снегоочистительной техники на инфраструктуре ОАО «РЖД» : утверждено распоряжением ОАО «РЖД» от 21.02.2020 № 386/р. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
5. Инструкция по подготовке к работе в зимний период и организации снегоборьбы на железных дорогах, в других филиалах и структурных подразделениях ОАО «РЖД», а также его дочерних и зависимых обществах : утверждена распоряжением ОАО «РЖД» от 22.10.2013 № 2243/р (в ред. от 27.12.2019). Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
6. Балтабаев А. С. Оценка остаточного срока службы снегоуборочной техники // Транспорт Российской Федерации. Журнал о науке, практике, экономике. 2011. № 3. С. 76–78. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-ostatochnogo-sroka-sluzhby-snegouborochnoy-tehniki> (дата обращения: 18.03.2022).
7. Положение о системе планово-предупредительного ремонта специального железнодорожного подвижного состава и механизмов инфраструктурного комплекса открытого акционерного общества «Российские железные дороги» : утверждено распоряжением ОАО «РЖД» от 14.03.2014 № 659р (в ред. от 13.06.2017). Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
8. Поезд снегоуборочный СМ-2. Техническое описание и инструкция по эксплуатации 0154.00.000 ТО / Министерство путей сообщения СССР. Главное управление пути. Проектно-технологическо-конструкторское бюро. М. : Транспорт, 1985. 144 с.
9. Филатов А. П. Совершенствование рабочих органов и систем управления снегоуборочного поезда с головной машиной СМ-2 : автореферат диссертации ... кандидата технических наук : 05.22.06 / Филатов Анатолий Павлович. Новосибирск, 1988. 20 с.
10. Каменский В. Б. Совершенствование организации и механизации снегоуборочных работ на станциях : автореферат диссертации ... кандидата технических наук : 05.22.06 / Каменский Владимир Борисович. Новосибирск, 1993. 33 с.
11. Бельш К. В., Давыдова Н. С. Алгоритм составления карты потока создания ценности на промышленном предприятии // Вестник Удмуртского университета. 2015. № 1. С. 7–13. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/algoritm-sostavleniya-karty-potoka-sozdaniya-tsennosti-na-promyshlennom-predpriyatii> (дата обращения: 18.03.2022).

References

1. The transport strategy of the Russian Federation until 2030 with a forecast for the period up to 2035: the Decree of the Government of the Russian Federation dated 27.11.2021 No. 3363-r. 232 p. (In Russ.). URL: <https://mintrans.gov.ru/ministry/targets/187/191/documents>.
2. Regulations on the organization of the development and implementation of lean production projects in Russian Railways: Order No. 473/r dated 14.03.2018. Access via SPS ConsultantPlus. (In Russ.).
3. Automated control system for the operation of special rolling stock: Report on the development of SM. NIAC JSC VNIIZHT: [site]. 2022. (In Russ.). URL: <https://sps.gis.ru.net/reports/consolidate/sm>.
4. Regulations on the organization of work of snow removal and snow-cleaning equipment teams on the infrastructure of Russian Railways: approved by the Order of Russian Railways dated 02/21/2020 No. 386/R. Access via SPS ConsultantPlus. (In Russ.).
5. Instructions for preparing for work in winter and organizing snow-fighting on railways, in other branches and structural divisions of Russian Railways, as well as its subsidiaries and dependent companies: Order No. 2243/r dated 10/22/2013 (as amended from 27.12.2019). Access via SPS ConsultantPlus. (In Russ.).
6. Baltabaev A. S. Evaluation of the residual service life of snow removal equipment. *Transport of the Russian Federation. Journal of Science, Practice, Economics*. 2011;(3):76–78. (In Russ.). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-ostatochnogo-sroka-sluzhby-snegouborochnoy-tehniki>.
- 7 Regulations on the system of scheduled preventive maintenance of special railway rolling stock and mechanisms of the infrastructure complex of the Russian Railways: approved by the Order of Russian Railways dated 14.03.2014 No. 659r (as amended dated 13.06.2017). Access via SPS ConsultantPlus. (In Russ.).
8. Snow brush train SM-2. Technical description and operating instructions 0154.00.000 TO / Ministry of Railways of the USSR. The main control of the way. Design and Technological Design Bureau. Moscow: Transport; 1985. 144 p. (In Russ.).

9. Filatov A. P. Improving the working bodies and control systems of a snow brush train with the head machine SM-2: abstract of the dissertation ... Candidate of Engineering: 05.22.06 / Filatov Anatoly Pavlovich. Novosibirsk; 1988. 20 p. (In Russ.).

10. Kamensky V. B. Improving the organization and mechanization of snow removal at stations: abstract of the dissertation ... Candidate of Engineering: 05.22.06 / Kamenskiy Vladimir Borisovich. Novosibirsk; 1993. 33 p. (In Russ.).

11. Belix K.V., Davydova N.S. Algorithm for mapping the value stream at an industrial enterprise. *Bulletin of the Udmurt University*. 2015(1):7–13. (In Russ.). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/algoritm-sostavleniya-karty-potoka-sozdaniya-tsennosti-na-promyshlennom-predpriyatii>.

Информация об авторе

А. Ю. Репях – преподаватель Новосибирского подразделения учебного центра профессиональных квалификаций Западно-Сибирской железной дороги, аспирант Сибирского государственного университета путей сообщения.

Information about the author

A. Yu. Repyakh – Post-graduate Student of the Siberian Transport University, Teacher of the Novosibirsk Division of the Training Center for Professional Qualifications of the West Siberian Railway.

Статья поступила в редакцию 05.04.2022; одобрена после рецензирования 06.04.2022; принята к публикации 20.05.2022.

The article was submitted 05.04.2022; approved after reviewing 06.04.2022; accepted for publication 20.05.2022.

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. 2022. № 3 (62). С. 23–30.
The Siberian Transport University Bulletin. 2022. No. 3 (62). P. 23–30.

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

Научная статья

УДК 625.122

doi 10.52170/1815-9265_2022_62_23

Особенности геотехнического мониторинга сооружения земляного полотна на многолетнемерзлых грунтах

Александр Александрович Лычковский^{1✉}, Святослав Яковлевич Луцкий²

^{1,2} Российский университет транспорта (МИИТ), Москва, Россия

¹ alexander_L12@mail.ru✉

² lsy40@mail.ru

Аннотация. В статье обоснована актуальность и рекомендован состав геотехнического мониторинга для сопровождения интенсивной технологии повышения несущей способности высокотемпературных многолетнемерзлых грунтов. Изложено содержание требований по безопасности геотехнических сооружений в строительный период. Отмечена особенность интенсивной технологии строительства земляного полотна, которая заключается в производстве работ на незавершенных и не полностью защищенных сооружениях с применением максимально допустимых строительных нагрузок. В ходе строительства меняется расчетная схема и виды нагрузок, возможно их негативное сочетание, особенно при производстве работ на косогорах и склонах. В результате сооружения могут находиться в близком к предельному по устойчивости состоянию под воздействием мощной строительной техники, повышается риск деформаций объекта. Показана целесообразность регулирования технологических процессов с целью направленного улучшения прочностных характеристик основания дорожного земляного полотна на мерзлоте. Разработана методика технологического регулирования, основанная на результатах геотехнического мониторинга, в том числе лазерного сканирования и геофизических исследований в режиме реального времени. При подготовке производства следует предусмотреть также возможность активизации под интенсивными нагрузками опасных природных процессов – деградацию мерзлоты, оползни и развитие таликов. Обоснована необходимость прогнозирования мерзлотных процессов в строительный период. При сооружении земляного полотна рекомендовано использование грунтоуплотняющих машин, оборудованных автоматизированными системами управления качеством и допускающих бесступенчатое изменение нагрузок вибровальца. Изложен опыт улучшения деформационных характеристик слабых оснований земляного полотна. Методика технологического регулирования нагрузок до максимально допустимых значений базируется на анализе результатов геотехнического мониторинга и учитывает возможности различных режимов работы грунтоуплотняющих машин. Эффективность интенсивной технологии в сочетании с мониторингом состоит в повышении стабильности, устойчивости и ускорении консолидации дорожного земляного полотна.

Ключевые слова: многолетнемерзлые грунты, земляное полотно, мониторинг, несущая способность, комплексная технология

Для цитирования: Лычковский А. А., Луцкий С. Я. Особенности геотехнического мониторинга сооружения земляного полотна на многолетнемерзлых грунтах // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. 2022. № 3 (62). С. 23–30. DOI 10.52170/1815-9265_2022_62_23.

BUILDING AND ARCHITECTURE

Original article

Features of geotechnical monitoring of roadway construction on permafrost soils

Aleksandr A. Lychkovskiy^{1✉}, Svyatoslav Ya. Lutskiy²

^{1,2} Russian University of Transport (MIIT), Moscow, Russia

¹ alexander_L12@mail.ru✉

² lsy40@mail.ru

Abstract. The relevance is substantiated and the composition of geotechnical monitoring is recommended to accompany the intensive technology of increasing the bearing capacity of high-temperature permafrost soils. The content of the requirements for the safety of geotechnical structures during the construction period is outlined. The peculiarity of the intensive technology of the construction of the roadbed is noted, which consists in the production of work on unfinished and not fully protected structures using the maximum permissible construction loads. During construction, the design scheme and types of loads change, their negative combination is possible, especially when working on slopes and slopes. As a result, structures may be in a condition close to the limit in terms of stability under the influence of powerful construction equipment, the risk of deformations of the object increases. The expediency of regulating technological processes in order to improve the strength characteristics of the foundation of the roadbed on permafrost is shown. A method of technological regulation based on the results of geotechnical monitoring, including laser scanning and geophysical surveys in real time, has been developed. During the preparation of production, it is also necessary to provide for the possibility of activation of hazardous natural processes under intense loads – permafrost degradation, landslides and the development of taliks. The necessity of forecasting permafrost processes during the construction period is substantiated. During the construction of the roadbed, it is recommended to use soil compacting machines equipped with automated quality management systems and allowing stepless change of vibration roller loads. The experience of improving the deformation characteristics of weak foundations of the roadbed is described. The method of technological regulation of loads to the maximum permissible values is based on the analysis of the results of geotechnical monitoring and takes into account the possibilities of various modes of operation of soil compacting machines. The effectiveness of intensive technology combined with monitoring is to increase stability, stability and accelerate the consolidation of the roadbed.

Keywords: permafrost soils, roadbed, monitoring, load-bearing capacity, integrated technology

For citation: Lychkovskiy A. A., Lutskiy S. Ya. Features of geotechnical monitoring of roadway construction on permafrost soils. *The Siberian Transport University Bulletin*. 2022;(62):23–30. (In Russ.). DOI 10.52170/1815-9265_2022_62_23.

Введение

Актуальность строительства и реконструкции путей сообщения на многолетнемерзлых грунтах соответствует Стратегии развития Арктической зоны и обеспечения национальной безопасности на период до 2035 года [1] и основным направлениям программы социально-экономического развития Арктической зоны. Устройство геотехнических сооружений в сложных природно-климатических условиях, в первую очередь на высокотемпературной мерзлоте с температурой грунтов от 0 до -2°C , связано с неравномерными и опасными для эксплуатации деформациями, причины и негативные проявления которых начинаются уже на стадии строительства. Особенность состоит в изменении, иногда случайном, расчетных схем строительных и природных нагрузок и состояния грунтов основания земляного полотна в ходе работ. Отметим, что и фундаментальные труды, и действующие нормативные документы по проектированию и геотехническому мониторингу на мерзлоте [2–4] в основном ориентированы на безопасность эксплуатации объектов и недостаточно учитывают риски, связанные с изменением различных факторов в строительный период. Вместе с тем в соответствии с законом 384-ФЗ [5] безопасность должна быть обеспечена на всех стадиях жизненного цикла.

Незавершенные сооружения могут находиться в состоянии, близком к предельному, под воздействием мощной строительной техники. Поэтому прогнозировать деформации и строительные нагрузки на не полностью завершеном объекте при производстве работ следует в режиме реального времени. При подготовке производства следует учесть опасность активизации под интенсивными строительными нагрузками опасных природных процессов – деградацию мерзлоты, оползни, развитие таликов и др. Опыт технологического проектирования на постройке участков Северного широтного хода (СШХ) и железнодорожной линии Обская – Бованенково – Карская показал эффективность применения интенсивной технологии повышения несущей способности высокотемпературных многолетнемерзлых грунтов [6, 7].

Методика

Принципиальная схема интенсивной технологии и геотехнического мониторинга (ГТМ) состоит из трех взаимосвязанных стадий (рис. 1).

Стадия 1 предназначена для организации мониторинга сооружения земляного полотна [8], который включает:

- теплофизический мониторинг состояния грунтов;
- геодезический мониторинг с применением нивелиров, теодолитов, тахеометров,



Рис. 1. Принципиальная схема интенсивной технологии и мониторинга земляного полотна при строительстве на высокотемпературной мерзлоте

сканеров (в том числе оптических, электронных, лазерных и др.) и навигационных спутниковых систем;

- параметрические методы измерений (фиксация напряжений в основании земляного полотна и несущих конструкциях) с применением комплекса датчиков напряжений и деформации (в том числе струнных, тензометрических, оптоволоконных, инклинометрических и др.);

- геофизические исследования (электромагнитные, сейсмические и др.).

Для выполнения функций ГТМ на стадии строительства организуют мобильные посты, стационарные пункты и сети термометрических скважин. Пункты мониторинга оборудуют контрольно-измерительной аппаратурой и контрольно-оповестительными сигнализациями на участках со сложными инженерно-геологическими условиями: неблагоприятными склоновыми процессами (оползнями, обвалами, осыпями, селями и лавинами), карстом и др. Пункты ГТМ оборудуют в подготовительный период для строительных целей и передают в состав контрольно-оповестительной системы при вводе в эксплуатацию построенной железной дороги.

На стадии 2 выполняют подготовку производства земляных работ с применением технологии, которая была модернизирована сотрудниками Института пути, строительства и сооружений РУТ (МИИТ) для условий сооружения земляного полотна на высокотемпературных многолетнемерзлых грунтах [9]. Подготовительный этап включает устройство дренажной системы и выбор параметров виброкатка. Дренажный защитный слой и боковые дренажные каналы для накопления и отжатия миграционной влаги виброкатком весной выполняют из среднего песка с допустимым содержанием глинистых и пылеватых частиц. Боковые дренажные каналы предназначены для отвода влаги в период морозной миграции за пределы строительной площадки. Особенностью расчета дренажа является необходимость учета условий стабильности и фильтрационной консолидации грунтов в пошаговом режиме под строительной нагрузкой.

На участках переустройства земляного полотна при II принципе проектирования на многолетнемерзлых грунтах, расположенных на переувлажненных глинистых грунтах (при мелких, водонасыщенных песках), предусмотрен

режим предпостроечного уплотнения для повышения несущей способности и уменьшения деформаций основания в зоне, прилегающей к откосу действующей насыпи. На участках сильно и чрезмерно пучинистых грунтов предусмотрена замена грунта на глубину морозного пучения [10].

В соответствии с рекомендациями [11, 12] для достижения проектной степени уплотнения верхнего слоя слабых оснований следует применять максимально допустимые вибронагрузки. Параметры и продолжительность виброуплотнения необходимо контролировать и регулировать в соответствии с расчетом несущей способности грунтов в ходе работ.

При виброуплотнении основания и насыпи в интенсивном технологическом режиме с участием мощной техники возрастают риски наступления предельного состояния грунтового основания незавершенного объекта [12]. В этих условиях выбор виброкатка для интенсивного уплотнения зависит от безопасной нагрузки. Допустимую технологическую нагрузку на такое основание определяют с учетом условия

$$K_{ст_t} = \frac{(Q_6 + \Delta Q_6 - Q_n)_t}{(Q_T + \Delta Q_T)_t} \geq K_{пр}, \quad (1)$$

где $K_{ст_t}$, $K_{пр}$ – фактическое (в t -м технологическом цикле) и проектное значение коэффициента стабильности; Q_6 , ΔQ_6 – безопасная нагрузка, не вызывающая появления предельного состояния грунта по сдвигу, и ее прирост в технологическом цикле; Q_n – поровое давление; Q_T – технологическая нагрузка (регулируемое давление виброкатка и нагрузка от песчаного защитного слоя).

Выполнение условия (1) и достаточность проектного значения $K_{пр}$ зависят от характеристик грунтов, литологического состава слоев основания и параметров режима виброуплотнения.

Для технологического регулирования целесообразно использовать эксплуатационные возможности виброкатков, оборудованных системами оперативного контроля качества уплотнения и бесступенчатого изменения амплитуды и частоты вибрации при повышенных нагрузках.

Опыт сооружения земляного полотна автомагистрали М-11 показал, что для глубинного уплотнения и консолидации насыпи должны быть выполнены геофизические исследования и на их основе проведены точечно ориентированные буровзрывные работы для посадки песчаного массива на минеральное дно [7] (рис. 2).

Анализ данных геофизических исследований, выполненных при сооружении земляного полотна автомагистрали М-11, подтвердил эффективность комплексной технологии, включающей вырезку торфа, устройство и поэтапное уплотнение песчаного массива. Такой подход позволит учитывать сложную конфигурацию слоев и улучшение деформационных характеристик грунтов всего массива замены в процессе уплотнения основания.

На стадии 2 для повышения прочности и консолидации слабого основания предлагается технология регулируемого интенсивного отжатия воды виброкатком в период морозного влагонакопления. Данная концепция состоит в использовании процессов миграции

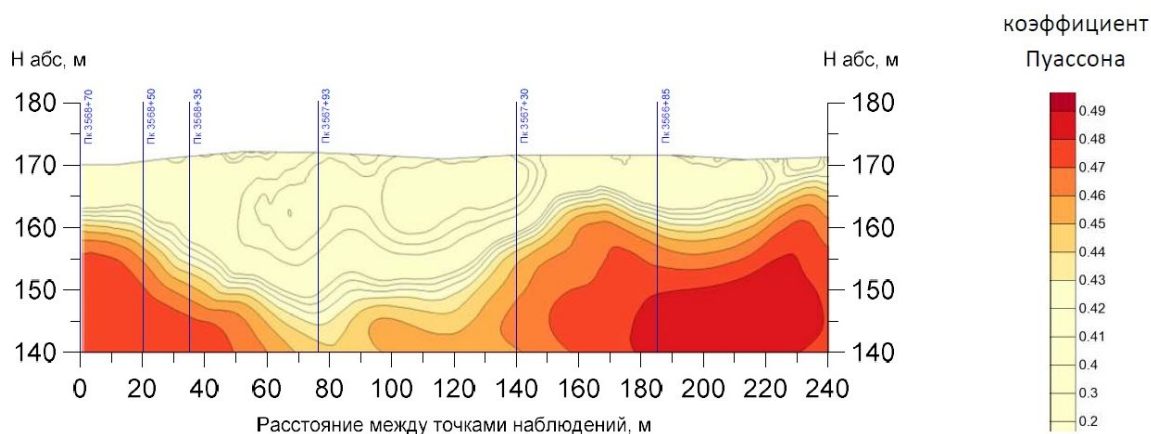


Рис. 2. Разрез сейсмотомографии

влаги к фронту промерзания для положительного эффекта [11, 13].

Рассмотрим поэтапно связь интенсивной технологии и процессов изменения влажности в период промерзания. В подготовительный период необходимо определить и спрогнозировать условия миграционного влагонакопления:

а) физико-механические характеристики, гранулометрический и минералогический состав грунтов;

б) тепловлажностные процессы;

в) уровень грунтовых вод и скорость промерзания грунта.

Начальным условием для применения интенсивной технологии на участке работ являются параметры миграционного влагонакопления – приращение влажности в деятельном слое грунта за счет поступления влаги из нижних талых зон. Его величину определяют температурные и тепловлажностные характеристики: температурный импульс, глубина промерзания, критическая влажность пучения грунта и др.

Температурный импульс, который возбуждает движение влаги в промерзающем слое основания в расчетный период t , определяется как

$$I_t = T_0^t / T_m, \quad (2)$$

где T_0^t – температура у поверхности грунта, °С; T_m – оптимальная для миграции влаги температура охлаждающей среды, °С.

Глубина промерзания H при фактической влажности грунта зависит от характеристик его замерзания:

$$H = f(L_v; T_b; T_r; C_v; \lambda_f), \quad (3)$$

где L_v – теплота замерзания грунта; T_b – прогнозируемый на основе многолетних наблюдений ход отрицательных температур в расчетный период; T_r – температура начала замерзания грунта; C_v – объемная теплоемкость мерзлого грунта; λ_f – коэффициент теплопроводности мерзлого грунта [14].

Уплотнение грунта влияет на состояние активной пористости в ходе работ. При трехфазном состоянии грунта повышение плотности до 0,85...0,9 максимального стандартного уплотнения увеличивает интенсивность миграции воды. При дальнейшем уплотнении интенсивность влагонакопления уменьша-

ется. Современные катки, оборудованные автоматизированными системами контроля качества работ, допускают возможность оценки плотности грунтов и регулирования нагрузок в режиме реального времени.

Смена режима виброуплотнения зависит от диапазона температур начала замерзания свободной воды $t_3 = -0,5...-0,8$ °С и прекращения пучения грунта $t_k = -2,7...-3,5$ °С [15].

Скорость промерзания также является переменной величиной. С ее увеличением или уменьшением относительно оптимального значения изменяется и объем миграции воды. По данным [14], диапазон оптимальной скорости (для максимального влагонакопления) составляет 1,5...2,0 см/сут, ему должна соответствовать интенсивность уплотнения катком.

Интенсивный режим включает пошаговую (итеративную) процедуру оценки глубины промерзания и регулирования технологической нагрузки [15, 16].

Для оперативного измерения температурных характеристик грунтов, которые изменяются в ходе работ, можно предложить применение оптоволоконных кабелей-сенсоров (ОВКС). Для этой цели в блок геотехнического мониторинга (см. рис. 1) включена подсистема контроля температуры в основании с применением ОВКС [17].

Стадия 3 включает возведение насыпи в интенсивном технологическом режиме. Если необходимо интенсивное воздействие при виброуплотнении основания, пункты мониторинга дополнительно включают контрольно-измерительную аппаратуру с дистанционным считыванием. Датчики устанавливают, например, в контрольные скважины в теле отсыпaeмой насыпи. Они позволяют в ходе мониторинга своевременно определять негативные воздействия и процессы:

– повреждения, накапливающиеся в земляных сооружениях в процессе их возведения (например, осадки грунта);

– техногенные воздействия, связанные с нарушениями технологического и эксплуатационного режимов (нарушение водоотводов, размыв откосов);

– неблагоприятные процессы, развивающиеся в незавершенных сооружениях под воздей-

ствием строительной техники и естественных факторов (например, ползучесть грунтов).

В связи с действием динамических строительных нагрузок, отличающихся по расчетным схемам от эксплуатационных, необходимо организовать мониторинг надежности по мере возведения объектов, в том числе контроль гидрогеологических параметров и явлений, оказывающих влияние на изменение состояния и, соответственно, на безопасность геотехнического сооружения, а также на нарушение устойчивости.

При производстве работ виброкатками необходимо контролировать стабильность и устойчивость всей конструкции земляного полотна. Для оценки вибрационных воздействий в [18] предложено применять динамический модуль деформации. Для контроля качества виброуплотнения грунтов катки машин BOMAG оборудованы бортовой автоматизированной подсистемой Terrameter, которая позволяет определять динамический модуль деформации в зависимости от контактной силы, ширины вальца и осадки.

В случае предельных значений осадок подсистема Terrameter допускает технологическое регулирование нагрузок за счет изменения амплитуды и частоты вибровальца, перехода в режим осцилляции.

Для строительных машин, оборудованных автоматизированными системами управления, также обязательно требование к технологическому регулированию – в режиме реального времени применять максимальное уплотняющее воздействие, но не больше безопасной для каждого слоя нагрузки. Увеличение технологических нагрузок до максимально допустимых значений, направленное на снижение влажности, в сочетании с дренажем повышает прочность грунтов. Вместе с тем при повышенных вибронагрузках следует учитывать следующие риски:

- 1) потери устойчивости грунта откосов;
- 2) изменения в расчетных схемах (перемещение строительных машин, распределение земляных масс и др.);
- 3) изменение уровня грунтовых вод, влажности и, соответственно, прочностных характеристик, прогрессирующая ползучесть.

Выводы

1. Особенность интенсивной технологии строительства земляного полотна состоит в производстве работ с применением максимально допустимых строительных нагрузок на незавершенных и не полностью защищенных сооружениях. Геотехнический мониторинг должен обеспечить безопасность незавершенных сооружений. Режим работы строительных машин следует регулировать, основываясь на данных мониторинга.

2. Выбор параметров режима интенсивной технологии должен быть основан на оценке взаимосвязи механических и теплофизических процессов, протекающих в слоях слабого основания земляного полотна, и регулировании строительных нагрузок с применением взаимодополняющих результатов мониторинга – геодезических, параметрических и геофизических методов исследований. Непрерывное изменение технологических нагрузок и воздействий должно сопровождаться, кроме того, операционным контролем и прогнозированием хода консолидации грунтов в режиме реального времени.

3. Геотехнический мониторинг должен обеспечивать строительный контроль и регулирование технологической и транспортной нагрузки во взаимодействии с бортовыми подсистемами, которыми оборудованы современные машины. Следует учитывать риски превышения проектной крутизны откоса; превышения безопасной нагрузки; подрезки склона в состоянии, близком к предельному; изменения уровня грунтовых вод и, соответственно, прочностных характеристик грунтов.

Список источников

1. Указ Президента Российской Федерации от 26.10.2020 № 645 «О Стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2035 года» // Президент России : официальный сетевой ресурс. URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/45972> (дата обращения: 26.10.2020).
2. СП 22.13330. 2017. Основания зданий и сооружений. М., 2016. 228 с.
3. СП 25.13330.2012. Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах. М., 2012. 123 с.

4. СП 305.1325800.2017. Здания и сооружения. Правила проведения геотехнического мониторинга при строительстве. М. : Стандартинформ, 2017. 61 с.
5. Российская Федерация. Законы. Технический регламент о безопасности зданий и сооружений : Федеральный закон № 384-ФЗ : [принят Государственной Думой 23 декабря 2009 г.]. М. : Научно-технический центр исследований проблем промышленной безопасности, 2010. 50 с.
6. Ашпиз Е. С. Мониторинг земляного полотна при эксплуатации железных дорог. М. : Путь-Пресс, 2002. 112 с.
7. СП 447.1325800.2019. Железные дороги в районах вечной мерзлоты. М. : Стандартинформ, 2019. 40 с.
8. Комплексная технология и гидрогеологический мониторинг упрочнения слабого основания / С. Я. Луцкий, А. Я. Ландсман, В. А. Заболотный, А. А. Лычковский // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. 2019. № 4. С. 73–78.
9. Строительство путей сообщения на севере / С. Я. Луцкий, Т. В. Шепитько, П. М. Токарев, А. Н. Дудников. М. : ЛАТМЕС, 2009. 286 с.
10. Луцкий С. Я., Сакун Б. В. Теория и практика транспортного строительства. М. : Первая образцовая типография, 2018. 304 с.
11. Рекомендации по интенсивной технологии и мониторингу строительства земляных сооружений на слабых основаниях / Московский государственный университет путей сообщения (МИИТ) ; [С. Я. Луцкий и др.]. М. : Тимр, 2005. 96 с.
12. Хархута Н. Я., Васильев Ю. М. Прочность, устойчивость и уплотнение грунтов земляного полотна автомобильных дорог. М. : Транспорт, 1975. 285 с.
13. Рекомендации по учету и предупреждению деформаций и сил морозного пучения грунтов. М. : Стройиздат, 1986. 72 с.
14. Цытович Н. А. Механика мерзлых грунтов. М. : Высшая школа, 1973. 446 с.
15. Li Guoyu, Li Ning, Quan Xiaojuan. The temperature features for different ventilated-duct embankments with adjustable shutters in the Qinghai – Tibet railway // Cold Regions Science and Technology. 2006. No. 44. P. 99–110.
16. Луцкий С. Я., Ландсман А. Я., Заболотный В. А. Технология и эффективность ускорения консолидации слабого основания земляного полотна // Наука и техника транспорта. 2019. № 4. С. 60–64.
17. Лычковский А. А. Волокно-оптический кабель в дорожном строительстве // Аспирантские чтения / Российский университет транспорта. М. : Перо, 2020. С. 34–38.
18. Floss R. Verdichtungstechnik im Erdbau und Verkehrswegebau. Deutschland, Koblenz : BOMAG GmbH & Co. OHG, 2001. 148 p.

References

1. Decree of the President of the Russian Federation No. 645 dated 10/26/2020 On the Strategy for the development of the Arctic zone of the Russian Federation and ensuring national security for the period up to 2035. *President of Russia: official online resource*. (In Russ.). URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/45972>.
2. SP 22.13330. 2017. Foundations of buildings and structures. M.; 2016. 228 p. (In Russ.).
3. SP 25.13330.2012. Foundations and foundations on permafrost soils. M.; 2012. 123 p. (In Russ.).
4. SP 305.1325800.2017. Buildings and structures. Rules for conducting geotechnical monitoring during construction. M.: Standartinform; 2017. 61 p. (In Russ.).
5. Technical Regulations on the safety of buildings and structures: Federal Law of the Russian Federation dated December 23 2009, No. 384-FZ. M.; 2009. 30 p. (In Russ.).
6. Ashpiz E. S. Monitoring of the roadbed during the operation of railways. M.: Way-Press; 2002. 112 p. (In Russ.).
7. SP 447.1325800.2019. A set of rules. Railways in permafrost areas. M.: Standartinform; 2019. 40 p. (In Russ.).
8. Lutskiy S. Ya., Landsman A. Ya., Zabolotny V. A., Lychkovsky A. A. Complex technology and hydrogeological monitoring of weak base hardening. *The Siberian Transport University Bulletin*. 2019;(4):73–78. (In Russ.).
9. Lutskiy S. Ya., Shepitko T. V., Tokarev P. M., Dudnikov A. N. Construction of communication routes in the north. M.: LATMES; 2009. 286 p. (In Russ.).
10. Lutskiy S. Ya., Sakun B. V. Theory and practice of transport construction. M.: First Model Printing House; 2018. 304 p. (In Russ.).

11. Recommendations on intensive technology and monitoring of the construction of earthworks on weak foundations / Moscow Transport University (MIIT); [S. Ya. Lutsky et al.]. M.: Timr; 2005. 96 p. (In Russ.).
12. Kharkhuta N. Ya., Vasiliev Yu. M. Strength, stability and compaction of soils of the roadbed. M.: Transport; 1975. 285 p. (In Russ.).
13. Recommendations for accounting and prevention of deformations and forces of frost heaving of soils. M.: Stroyizdat; 1986. 72 p. (In Russ.).
14. Tsytovich N. A. Mechanics of frozen soils. M.: Higher School; 1973. 446 p. (In Russ.).
15. Li Guoyu, Li Ning, Quan Xiaojuan. The temperature features for different ventilated-duct embankments with adjustable shutters in the Qinghai – Tibet railway. *Cold Regions Science and Technology*. 2006;(44):99–110.
16. Lutskiy S. Ya., Landsman A. Ya., Zabolotny V. A. Technology and efficiency of acceleration of consolidation of a weak foundation of the roadbed. *Science and Technology of transport*. 2019;(4):60–64. (In Russ.).
17. Lychkovskiy A. A. Fiber-optic cable in road construction. *Collection of postgraduate readings*. M.: Pen; 2020. P. 34–38. (In Russ.).
18. Floss R. Verdichtungstechnik im Erdbau und Verkehrswegebau. Deutschland. Koblenz, BOMAG GmbH & Co. OHG; 2001. 148p.

Информация об авторах

А. А. Лычковский – аспирант кафедры «Проектирование и строительство железных дорог» Российского университета транспорта (МИИТ).

С. Я. Луцкий – профессор кафедры «Проектирование и строительство железных дорог» Российского университета транспорта (МИИТ), доктор технических наук.

Information about the authors

A. A. Lychkovskiy – Post-graduate Student of the Design and Construction of Railways Department, Russian University of Transport (MIIT).

S. Ya. Lutskiy – Doctor of Engineering, Professor of the Design and Construction of Railways Department, Russian University of Transport (MIIT).

Статья поступила в редакцию 10.03.2022; одобрена после рецензирования 28.03.2022; принята к публикации 20.06.2022.

The article was submitted 10.03.2022; approved after reviewing 28.03.2022; accepted for publication 20.06.2022.

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

Научная статья
УДК 625.1519
doi 10.52170/1815-9265_2022_62_31

Обеспечение безопасности при проезде поездов по стрелочным переводам на особогрузонапряженных участках

Николай Иванович Карпущенко¹, Роман Алексеевич Комардинкин²✉

^{1,2} Сибирский государственный университет путей сообщения, Новосибирск, Россия

¹ kni@stu.ru

² roma-novosib@mail.ru✉

Аннотация. В статье рассматривается тема обеспечения безопасного пропуска поездов по стрелочным переводам на особогрузонапряженном участке Транссибирской магистрали за счет совершенствования их технического обслуживания. Движение подвижного состава по стрелке сопровождается переходом колеса с рамного рельса на остряк, что обуславливает появление дополнительных сил взаимодействия, а также вертикальный износ всего ремкомплекта. В результате перехода колеса с усовика на сердечник крестовины возникают дополнительные силы взаимодействия.

Специфические дефекты стрелки возникают в следующих случаях: при накате на остряк или рамный рельс при пошерстном движении образовывается седловина в зоне наката; происходит выкрашивание острия остряка, именно в остроганной части; на рабочей грани остряка или рамного рельса возникает выкрашивание наплывов. Специфические дефекты возникают только в крестовине, но не в передней части усовиков. К таким дефектам относятся: выкрашивание, чрезмерный износ металла, а также отслоение поверхности рабочих граней по наплывам.

Для участков пути существуют предельные нормы износа металлических элементов стрелочных переводов, которые различаются в зависимости от специализации участка пути, на котором находятся стрелочные переводы, и скоростей движения поездов.

Начальник дистанции пути (ПЧ), в зависимости от технического состояния стрелочного перевода, выдает приказ на снижение скорости по нему. В случае обнаружения дефекта стрелочного перевода, угрожающего безопасности движения, производится ограждение данного места в момент обнаружения проблемы, с последующей ликвидацией его причины (ремонт или замена элементов стрелочного перевода). Как правило, элементы, угрожающие безопасности движения, имеют следующие неисправности: трещины, выколы, изломы, считающиеся остродефектными. В связи с этим на полигоне Западно-Сибирской дирекции инфраструктуры проводится профилактическое удаление сплывов металла на крестовинах шлифованием, организовано обучение персонала.

Ключевые слова: стрелочный перевод, остряк, рамный рельс, крестовина, каталог дефектов, дефекты стрелочных переводов

Для цитирования: Карпущенко Н. И., Комардинкин Р. А. Обеспечение безопасности при проезде поездов по стрелочным переводам на особогрузонапряженных участках // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. 2022. № 3 (62). С. 31–39. DOI 10.52170/1815-9265_2022_62_31.

BUILDING AND ARCHITECTURE

Original article

Ensuring the safety of train traffic on turnouts transfers in especially busy areas

Nikolay I. Karpuschenko¹, Roman A. Komardinkin²✉

^{1,2} Siberian Transport University, Novosibirsk, Russia

¹ kni@stu.ru

² roma-novosib@mail.ru✉

Abstract. This article discusses the topic of ensuring the safe passage of trains through turnouts on a particularly loaded section of the Trans-Siberian Railway by improving their maintenance. The movement of the rolling stock along the arrow is accompanied by the transition of the wheel from the frame rail to the wit, which in turn causes the appearance of additional interaction forces, as well as vertical wear of the entire repair kit. The

rolling of the wheels from the guardrail to the core in the crosspiece is also accompanied by the appearance of additional interaction forces.

The main specific defects of the arrow include: a saddle in the zone of wheel rolling on a wit or on a frame rail in case of woolly movement; chipping of the sharpened part of the head of the wit; chipping or sagging on the working edge of the wit and the frame rail. Only specific defects occur in the cross, with the exception of the front part of the guardrails. Such defects include excessive wear or chipping of the metal, as well as its delaminating along the working edges in places of sagging.

Depending on the specialization of the track section and the speeds of trains, where the turnouts are located, the norms of permissible wear of the metal elements of the turnouts are differentiated.

The decision behind the speed limit on the turnout is up to the head of the track distance. If a turnout defect that threatens traffic safety is detected, this place is fenced at the time the problem is discovered, followed by the elimination of the cause that threatens traffic safety (repair or replacement of turnout elements). As a rule, elements that threaten traffic safety have the following faults: cracks, gouges, kinks, which are considered acutely defective. In this regard, at the site of the West Siberian Directorate of Infrastructure, preventive removal of metal alloys on the crosses by grinding is carried out. Organized staff training.

Keywords: turnout switch, wit, frame rail, frogs, catalog of defects, defects of turnouts

For citation: Karpuschenko N. I., Komardinkin R. A. Ensuring the safety of train traffic on turnouts transfers in especially busy areas. *The Siberian Transport University Bulletin*. 2022;(62):31–39. (In Russ.). DOI 10.52170/1815-9265_2022_62_31.

Введение

Повышение объемов грузооборота на полигоне РЖД стало причиной скачка грузонапряженности на участках, входящих в категорию «О» – особогрузонапряженных.

При общей сумме длин главных ходов Западно-Сибирской дороги около 9 тыс. км тяжеловесное движение приходится на 8 тыс. км, что соответствует 90 % общей суммы длин главных ходов. С начала 2012 г. в грузовых составах стали появляться инновационные вагоны с увеличенной нагрузкой на ось до 27 т/ось. На Западно-Сибирской дороге в настоящее время доля таких вагонов составляет 1/3 от общего числа вагонов.

Согласно данным дирекции инфраструктуры, на всех участках полигона Западно-Сибирской железной дороги имеется 10 312 стрелочных переводов, из них 7 504 (74 %) уложены на железобетонные брусья. Основные конструкции стрелочных переводов на участках Западно-Сибирской железной дороги: проект 2750 (1 364 шт.), проект 2769 (2 799 шт.), проект 2768 (3 452 шт.) [1, 2].

Отличительной особенностью ситуации на особогрузонапряженных участках является то, что сроки проведения ремонтных работ на стрелочных переводах нарушаются. Поэтому необходимо иметь возможность качественного и своевременного выполнения работ по техническому обслуживанию стрелочных переводов в условиях интенсивного движения поездов [3].

Материалы и методы исследования

При движении на боковой путь в противощерстном направлении происходит набегание колеса на остряк. Сила удара, возникающая при этом, пропорциональна величине угла набегания колеса на остряк, скорости движения и соударяющихся масс. В связи с этим происходит интенсивный износ и расстройство ремкомплекта [4]. Возникает также опасность схода колесной пары с рельсов. Для того чтобы уменьшить угол удара колеса в остряк, применяют криволинейные остряки вместо прямолинейных [5].

Стрелочный перевод имеет специфичную конструкцию и, соответственно, специфичные неровности, такие как неровности в пределах стрелки и крестовины.

Остряк стрелочного перевода относительно рамного рельса немного понижается, когда по нему происходит движение колеса. Колесо катится меньшим кругом из-за наличия коничности, переходя от рамного рельса к остряку. После того как колесо уже находится на остряке, он возвращается на проектную высоту и выравнивается с рамным рельсом. По этой причине колесо движется в вертикальной плоскости по неровности глубиной до 2 мм. Эта неровность при качении колеса возникает в любом направлении движения (пошерстном или противощерстном) и по любому остряку (прямого или бокового пути).

Появление неровности при переходе колеса с остряка на рамный рельс происходит также из-за изменения ширины колеи в пределах рам-

ного блока стрелочного перевода и неравномерного износа острьяка и рамного рельса. Неровности здесь могут иметь длину 550–850 мм при глубине, колеблющейся в пределах 1,5–3,5 мм [6].

Наличие неровностей в горизонтальной плоскости порождает внезапные дополнительные горизонтальные силы, нередко имеющие ударный характер.

Проверка понижения острьяка производится в месте, в котором ширина головки рамного рельса равна 50 мм, далее до сечения, располагающегося на расстоянии 120 мм от рабочей грани. Понижение острьяка в процессе эксплуатации всегда должно быть менее 2 мм (рис. 1, а), при этом следует помнить, что к величине зазора необходимо прибавлять измеренную величину расстояния от подошвы острьяка до подушки, которое может возникнуть из-за просадки стрелочного бруса при наезде колесной пары на острьяк. Также необходимо учесть величину износа головки рамного рельса и это значение вычесть из измеренного значения (см. рис. 1, б). Местный износ головки возникает в той части рамного рельса, в которой колесо одновременно опирается частично на острьяк и частично на рамный рельс. Величина понижения острьяка измеряется в месте, находящемся на расстоянии от нерабочего канта острьяка ширины головки рамного рельса.

Выкрашивание концов острьяков допустимо только при условии, если место, которое было выкрошено, зачищено так, чтобы исключалась возможность набегания гребня колеса на острьяк [6].

Крестовина представляет из себя сборную конструкцию, в которой есть цельная отливка сердечника и наиболее изнашиваемых частей усовиков, при этом разница в уровнях усовика и острья сердечника составляет 9,7 мм (рис. 2) [6].

Самой массовой является сборная конструкция крестовин, в которой есть цельная отливка сердечника и наиболее изнашиваемых частей усовиков. На путях, на которых обращаются пассажирские поезда с высокими скоростями, применяют также цельнолитые крестовины из высокомарганцовистой стали (содержит 11–15 % марганца).

При качении по крестовине центр тяжести колеса проходит путь, представляющий собой неровность, форма которой зависит от сочетания новых или изношенных колес с новыми или изношенными крестовинами. Существенно влияет на форму и размеры неровностей точность изготовления крестовин на заводах.

Оптимальным является такое возвышение усовика относительно сердечника, при котором основная масса колес со средним и близким к нему износом (прокатом) перекатыва-

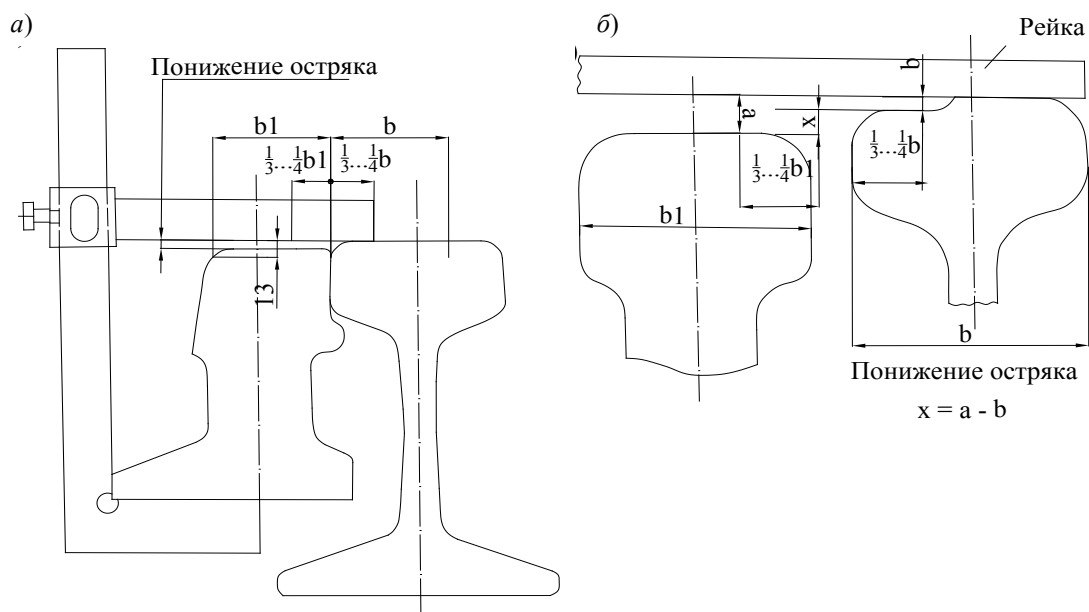


Рис. 1. Процесс измерения понижения острьяка против рамного рельса:
а – рамный рельс не имеет износа; б – рамный рельс имеет износ

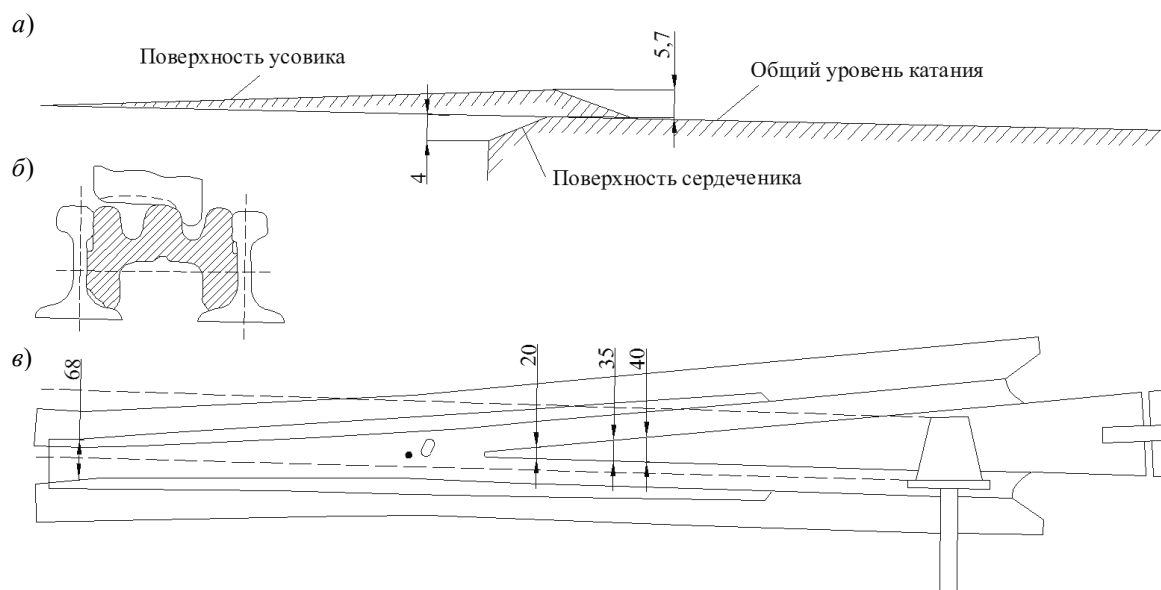


Рис. 2. Повышение усовика и понижение сердечника относительно общего уровня поверхности катания:

а – продольный разрез; *б* – поперечный разрез; *в* – вид сверху (план)

ется с усовика на сердечник без нажима на слабое узкое острие сердечника и узкую кромку усовика. В соответствии с этим принято возвышение усовика над уровнем поверхности катания 5,7 мм, а понижение начала сердечника 4 мм. Отводы этого возвышения и понижения показаны на рис. 2.

Напротив крестовины на протяжении более ее длины устанавливается контррельс, по желобу которого происходит движение колеса, он служит для обеспечения безопасности при прохождении колесом «мертвого» пространства крестовины. Концы контррельса должны быть полого отогнуты, чтобы обеспечивалось плавное, без толчков направление подвижного состава [6].

Классификация неисправностей стрелочной продукции

На сети ОАО «РЖД» утвержден и введен в действие 01.10.2019 Классификатор дефектов и повреждений металлических элементов стрелочных переводов, он служит для своевременного планирования и учета смены основных металлических элементов стрелочных переводов, что в свою очередь увеличивает срок службы стрелочного перевода [7]. Классификатор необходим для того, чтобы правильно вести учет выхода элементов стрелочных переводов, изъятых

из пути по причине дефектов и неисправностей, а также для повышения их жизненного цикла. Он включает в себя дефекты и неисправности элементов стрелочной продукции, которые не присущи обычным путевым рельсам. А те дефекты в стрелочном переводе, которые имеют аналогичные признаки, оцениваются по классификации дефектов рельсов, но изменена маркировка обозначения дефекта, добавлена первая буква, соответствующая элементу стрелочного перевода: Р.14, С.47.1 и т. д. [8].

Принципы классификации каталога дефектов стрелочной продукции такие же, как для каталога дефектов рельсовой продукции.

Кодирование дефекта состоит из трех блоков:

- 1) одна буква, обозначающая тип дефекта;
- 2) две буквы: первая обозначает элемент, а вторая – способ изготовления элемента;
- 3) цифровой код, в котором поясняется вид, неисправность, место нахождения в сечении элемента, причины происхождения (принципы обозначения такие же, как в инструкции «Дефекты рельсов. Классификация, каталог и параметры дефектных и остродефектных рельсов», утвержденной распоряжением ОАО «РЖД» от 23 октября 2014 г. № 2499р [8]).

Каталог неисправностей стрелочной продукции

Каталог создан для правильного обозначения типа дефекта стрелочной продукции в соответствии с классификацией дефектов и неисправностей.

Пример записи из каталога дефектов стрелочной продукции: *Дефект ДО.11.2 образовывается по причине уменьшения выносливости металла из-за динамических воздействий колеса, что в свою очередь влечет наплыв на остроганной части головки остряка с последующим его выкрашиванием, этот дефект располагается вне стыка.*

Дефект ДО.11.2 (рис. 3) образовывается по причине сверхнормативного горизонтального воздействия колес на острие остряка с последующим его выкрашиванием, дефект располагается вне стыка и от острия остряка до рабочей тяги. Также данный дефект относится к подвижному сердечнику (выкрашивание его острия) [7].

Дефекты ДС.14.2 и ДУ.14.2 представляют собой отслоение и выкрашивание на поверхности катания литой части усовика и сердечника в зоне перекатывания из-за повышенного динамического воздействия колес (рис. 4).

Контроль геометрии элементов стрелочной продукции производится поверенными приборами согласно перечню измерительного инструмента дистанции пути [6].

Характеристики проявления дефектных и остродефектных элементов стрелочной продукции

Элементы стрелочной продукции в процессе эксплуатации должны находиться в исправном состоянии на протяжении всего жизненного цикла. Если в процессе эксплуатации выявляются дефекты стрелочной продукции, то за этими элементами необходимо установить контроль; если, согласно классификации, элемент дефектный, то его необходимо обследовать не реже одного раза в неделю, остродефектный элемент не подлежит дальнейшей эксплуатации [1, 9].

Признаки дефектных остряков, крестовин и контррельсов:

- сверхнормативный износ (табл. 1);
- сверхнормативные неисправности согласно каталогу [7];
- специфичные дефекты согласно каталогу [7].

Начальник дистанции решает, когда необходимо изменять скорость по стрелочному переводу, опираясь на его состояние. Запрещается движение по лопнувшим острякам или имеющим поперечные трещины.

Причиной образования дефектов является наплыв на остряке в боковой острожке из-за высокой пластичности металла с последующим выкрашиванием, что требует шлифования.



Рис. 3. Пример выкрашивания остряка по коду дефекта ДО.11.2 на опытном участке дороги



Рис. 4. Дефекты крестовины по коду ДС.14.2 и ДУ.14.2

Таблица 1

Классификация дефекта, учитывающая величину выкрашивания

Характер дефекта: глубина выкрашивания, мм	Группа железнодорожного пути		Класс железнодорожного пути				
	В	С	1	2	3	4	5
От 1,1 до 3,0			ОД		Д		УН
От 3,1 до 5,0							
От 5,1 до 8,0							
От 8,1 до 12,0							
Более 12,0							

Примечание. ОД – острodefектные элементы стрелочного перевода, требующие незамедлительного ремонта; Д – дефекты обыкновенные, требующие устранения в плановом порядке; УН – незначительные дефекты.

Мероприятием по нахождению дефектов является визуальный осмотр с использованием ручных инструментов контроля геометрии.

В случае, когда острodefектный остряк или крестовину не удастся сменить, производится уменьшение скорости до соответствия пути классу, в котором такой остряк или крестовина будут классифицироваться как дефектные, вместо острodefектных, но и в этом случае стоит произвести шлифовку, установить тщательное наблюдение [7].

Острodefектные рельсы соединительных путей, остряки, рамные рельсы и крестовины, имеющие повреждения, отмечены в п. 2 «Каталога дефектов и повреждений элементов стрелочных переводов» [7].

В случае износа с тыльной боковой грани остряка необходимо произвести регулировку стрелочного перевода в соответствии с Инструкцией по текущему содержанию железнодорожного пути, утвержденной распоряжением ОАО «РЖД» от 14 ноября 2016 г. № 2288р [6].

Износ и повреждения металлических частей стрелочных переводов

Износ металлических частей стрелочных переводов сверх допустимых норм ведет не только к уменьшению их прочности, но и к нарушениям взаимодействия частей стрелочных переводов между собой и колесами подвижного состава.

Нормы допускаемого износа металлических частей стрелочных переводов дифферен-

цированы в зависимости от типа и значения пути, на котором они лежат, а также от скоростей движения поездов. При скоростях движения более 120 км/ч допускается меньший износ металлических частей стрелочных переводов (табл. 2).

Результаты исследования

На полигоне Западно-Сибирской железной дороги с 2016 г. нарастает необходимость смен крестовин стрелочных переводов. Для сравнения: к началу 2016 г. было заменено 1 549 крестовин, а в 2020 г. – 1 678. Причинами данного увеличения являются дефекты и износ.

Так, за период 2020 г. по причине износа крестовин заменено 741 шт. (в 2019 г. – 979 шт.), по причине дефекта крестовин – 626 шт., в том числе 32 остродефектные (в 2019 г. – 593, из них 15 остродефектные) [2].

Больше всего замен крестовин требуется на участках с высокой грузонапряженностью, таких как Транссибирская магистраль и Среднесибирский ход.

Данные выхода крестовин в дефектные на участке Омск – Новосибирск Транссибирской магистрали за 2019–2020 гг. приведены на рис. 5.

Таблица 2

Нормы износа металлических частей стрелочных переводов, в миллиметрах

Регламентируемый параметр	Тип стрелочного перевода	Главные пути при скорости движения, км/ч						Главные при скорости движения 40 км/ч и менее и приемо-отправочные пути	Станционные, подъездные и прочие пути
		140–160	121–140	101–120	81–100	61–80	41–60		
Вертикальный износ сборных и цельнолитых крестовин	Р65 и тяжелее	5	5	5	6	6	8	10	12
Вертикальный износ крестовин с непрерывной поверхностью катания	Р65	5	5	6	8	9	9	10	–
Вертикальный износ рамных рельсов и острых	Р65 и тяжелее	5	5	6	8	9	9	10	12
Боковой износ рамных рельсов и острых		5	5	6	8	8	8	8	11
Боковой износ рамного рельса в острие острья		5	5	6	6	6	6	6	6

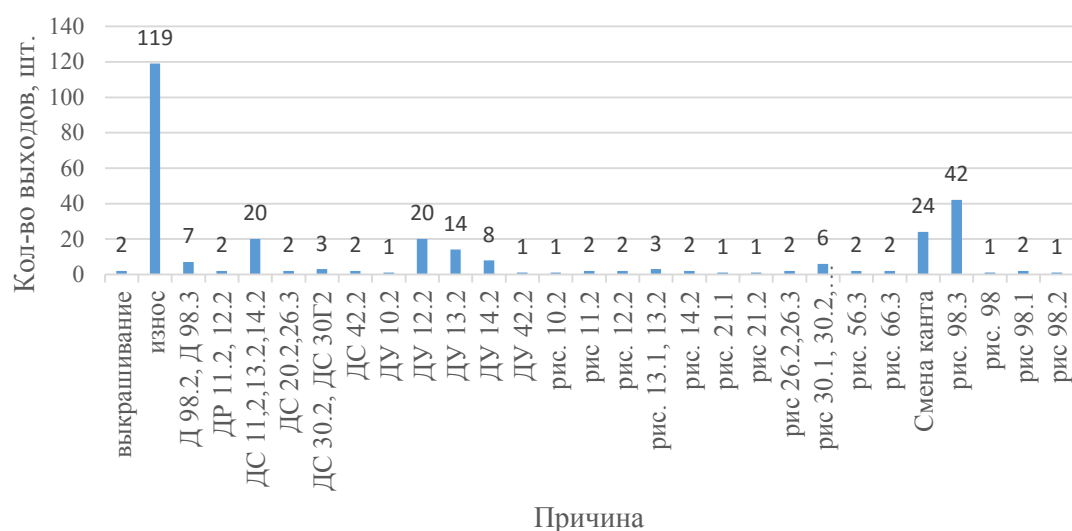


Рис. 5. Причины выхода крестовин в дефектные на участке О–Н в 2019, 2020 гг. (всего 295 шт.)

Наибольшая доля выхода крестовин приходится на станции грузонапряженных направлений Транссибирского и Среднесибирского хода. На этих участках вертикальный износ крестовины допускается до 5 мм при скорости до 120 км/ч и 6 мм при скорости до 100 км/ч.

Выводы

Анализ данных дистанций пути показал, что основными факторами, вызывающими дефекты крестовин, являются выкрашивание боковой грани сердечника и литой части усювиков по причине несвоевременной их шлифовки (к ним можно отнести ДС.13.2, ДУ.13.2 согласно каталогу [7]), а также выкрашивание поверхности катания части усювиков и сердечника, где колесо проходит «мертвое» пространство (к ним можно отнести ДС.14.2, ДУ.14.2). Причиной таких дефектов является высокая пластичность металла крестовин, вызывающая сплывы и деформации формы крестовины [9].

Проведенный анализ показал, что причинами отказов крестовин являются: 119 (40 %) – сверхнормативный износ сердечника и усювиков; 44 шт. (15 %) – выкрашивание усювиков; 27 шт. (9 %) – выкрашивание сердечника. Причиной отказов остальных 105 шт. (36 %) являются такие дефекты, как у обычных рельсов.

Согласно критериям назначения ремонтов стрелочных переводов [10] необходимо поддерживать работоспособное состояние в пределах до 350 млн т брутто наработки тоннажа (после наступает капитальный ремонт), для этого необходимо выполнение планового текущего содержания согласно графику.

По этой причине на полигоне Западно-Сибирской дирекции инфраструктуры выполняется своевременное шлифование крестовин, остриков для удаления сплывов. Также проводится техническая учеба специализированных бригад дистанций пути.

Список источников

1. Инструкция по обеспечению безопасности движения поездов при производстве путевых работ : утверждена распоряжением ОАО «РЖД» от 14.12.2016 № 2540/р. URL: <https://docs.cntd.ru/document/456048849> (дата обращения: 14.03.2022).
2. Сосков А. Г. Эксплуатация крестовин в условиях тяжеловесного движения на Западно-Сибирской дороге // Путь и путевое хозяйство. 2021. № 10. С. 2–4.
3. Певзнер В. О., Лисицын А. Н., Сидорова Е. А. Организация технического обслуживания пути на особогрузонапряженных участках // Путь и путевое хозяйство. 2021. № 9. С. 18–21.
4. Егоров М. А., Ермаков В. М. Обоснования принятия инновационных технических решений на стрелочных переводах // Путь и путевое хозяйство. 2017. № 1. С. 10–14.
5. Глюзберг Б. Э., Королев В. В., Шишкина И. В. Элементы стрелочных переводов для Российских железных дорог // Внедрение современных конструкций и передовых технологий в путевое хозяйство. 2019. Т. 14, № 14. С. 17–20.
6. Инструкция по текущему содержанию железнодорожного пути : утверждена распоряжением ОАО «РЖД» от 14.11.2016 № 2288р. URL: <https://docs.cntd.ru/document/456052478> (дата обращения: 14.03.2022).
7. Классификатор дефектов и повреждений элементов стрелочной продукции : утвержден распоряжением ОАО «РЖД» от 27.09.2019 № 2143 р. URL: <https://www.tdesant.ru/info/item/289> (дата обращения: 15.03.2022).
8. Дефекты рельсов. Классификация, каталог и параметры дефектных и остродефектных рельсов : утверждены распоряжением ОАО «РЖД» от 23.10.2014 № 2499р. URL: <https://www.tdesant.ru/info/item/144> (дата обращения: 15.03.2022).
9. Правила технической эксплуатации железных дорог Российской Федерации : утверждены Минтранс России 21 декабря 2010 г. № 286. М. : Транспорт, 2019. 471 с. URL: <https://base.garant.ru/55170488/> (дата обращения: 15.03.2022).
10. Технические условия на работы по реконструкции (модернизации) и ремонту железнодорожного пути : утверждены распоряжением ОАО «РЖД» от 18.01.2013 № 75р. М., 2013. 221 с. URL: <https://www.tdesant.ru/info/item/43> (дата обращения: 15.03.2022).

References

1. Instructions for ensuring the safety of train traffic during the production of track works: Order of Russian Railways dated December 14, 2016 No. 2540/r. (In Russ.). URL: <https://docs.cntd.ru/document/456048849>.
2. Soskov A. G. Operation of crosses in conditions of heavy traffic on the West Siberian Railway. *Way and track facilities*. 2021;(10):2–4. (In Russ.).
3. Pevzner V. O., Lisitsyn A. N., Sidorova E. A. Organization of track maintenance on especially heavy-duty sections. *Way and track facilities*. 2021;(9):18–21. (In Russ.).
4. Egorov M. A., Ermakov V. M. Rationale for the adoption of innovative technical solutions for turnouts. *Way and track facilities*. 2017;(1):10–14. (In Russ.).
5. Gluzberg B. E., Korolev V. V., Shishkina I. V. Elements of turnouts for Russian railways. *Introduction of modern designs and advanced technologies in track facilities*. 2019. P. 17–20. (In Russ.).
6. Instructions for the current maintenance of the railway track. Approved by order of Russian Railways dated November 14, 2016 No. 2288r. (In Russ.). URL: <https://docs.cntd.ru/document/456052478>.
7. Classifier of defects and damages of elements of switch products, approved by order of Russian Railways dated September 27, 2019 No. 2143 p. (In Russ.). URL: <https://www.tdesant.ru/info/item/289>.
8. Rail defects. Classification, catalog and parameters of defective and highly defective rails, approved by the order of Russian Railways dated October 23, 2014 No. 2499r. (In Russ.). URL: <https://www.tdesant.ru/info/item/144>.
9. Rules of technical operation of railways of the Russian Federation: approved by the Ministry of Transport of Russia on December 21, 2010 No. 286. Moscow: Transport; 2019. 471 p. (In Russ.). URL: <https://base.garant.ru/55170488/>.
10. Specifications for work on the reconstruction (modernization) and repair of the railway track: approved. Order of Russian Railways dated January 18, 2013 No. 75r. Moscow; 2013. 221 p. (In Russ.). URL: <https://www.tdesant.ru/info/item/43>.

Информация об авторах

Н. И. Карпущенко – профессор кафедры «Путь и путевое хозяйство» Сибирского государственного университета путей сообщения, доктор технических наук.

Р. А. Комардинкин – аспирант третьего года обучения, ведущий инженер (геодезист) Опытной путевой машинной станции № 19 – структурного поразделения Западно-Сибирской дирекции по ремонту пути.

Information about the authors

N. I. Karpuschenko – Doctor of Engineering, Professor of the Track and Track Facilities Department, Siberian Transport University.

R. A. Komardinkin – Post-graduate Student, Leading Engineer (Surveyor) of the Experimental Track Machine Station No. 19, a Structural Division of the West Siberian Direction for Track Repair.

Статья поступила в редакцию 14.03.2022; одобрена после рецензирования 24.03.2022; принята к публикации 20.06.2022.

The article was submitted 14.03.2022; approved after reviewing 24.03.2022; accepted for publication 20.06.2022.

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

Научная статья
УДК 629.4.014
doi 10.52170/1815-9265_2022_62_40

Экспериментальные измерения аэродинамики подвижного состава

Никита Андреевич Лабути^{1✉}, Леонид Константинович Дьяченко²,
Андрей Владимирович Ланг³

^{1,2,3} Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I,
Санкт-Петербург, Россия

¹ labutin@pgups.ru✉

² leonid_dyachenko@mail.ru

³ langandrew@mail.ru

Аннотация. Рост скорости движения поездов на железных дорогах сопровождается существенным увеличением аэродинамического воздействия на конструкции, расположенные в непосредственной близости от оси пути. Особую важность данный фактор приобретает при развитии высокоскоростных железнодорожных магистралей (ВСМ). Определение нагрузок на конструкции при проектировании и строительстве ВСМ целесообразно выполнять путем численного моделирования в специализированных программных комплексах с обязательной верификацией разработанных расчетных моделей.

В настоящей статье представлены результаты экспериментальных измерений внешней аэродинамики подвижного состава, курсирующего по линии Санкт-Петербург – Москва Октябрьской железной дороги. Изменения величины воздушного давления в точке при прохождении поездов измерялись высокочастотными мембранными датчиками давления. Установленная скорость движения поездов в местах измерения составляла до 140 км/ч для обычных пассажирских поездов и до 250 км/ч для высокоскоростного электропоезда «Сапсан». Анализ полученных результатов позволил получить картину распределения экстремальных величин избыточного и разреженного воздушного давления в зависимости от расстояния от оси пути и высоты над уровнем головки рельса для различных типов подвижного состава. На основе полученной картины распределения установлена степень снижения интенсивности воздушной волны от проходящего поезда в зависимости от расстояния от оси пути. Также выявлен периодический характер аэродинамического воздействия, вызванный наличием промежутков между вагонами, и определены его частоты для разных скоростей движения.

Результаты, приведенные в данной работе, впоследствии могут быть использованы для верификации разработанных расчетных моделей аэродинамического воздействия движущихся высокоскоростных поездов на элементы инфраструктуры.

Ключевые слова: аэродинамика, железнодорожный транспорт, высокоскоростное сообщение, экспериментальные измерения

Для цитирования: Лабути Н. А., Дьяченко Л. К., Ланг А. В. Экспериментальные измерения аэродинамики подвижного состава // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. 2022. № 3 (62). С. 40–48. DOI 10.52170/1815-9265_2022_62_40.

BUILDING AND ARCHITECTURE

Original article

Experimental measurements of rolling stock aerodynamics

Nikita A. Labutin^{1✉}, Leonid K. Dyachenko², Andrey V. Lang³

^{1,2,3} Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University, St. Petersburg, Russia

¹ labutin@pgups.ru✉

² leonid_dyachenko@mail.ru

³ langandrew@mail.ru

Abstract. The increase in the speed of trains on railways is accompanied by a significant increase in the aerodynamic impact on structures located in close proximity to the axis of the track. This factor is of particular importance in the development of high-speed rail lines (HSR). It is advisable to determine the loads on structures during the design and construction of the HSR by numerical modeling in specialized software complexes with mandatory verification of the developed calculation models.

This article presents the results of experimental measurements of the external aerodynamics of rolling stock running on the St. Petersburg – Moscow line of the Oktyabrskaya Railway. Measurements of changes in the air pressure at a point during the passage of trains were measured by high-frequency membrane pressure sensors. The set speed of trains at the measuring points was up to 140 km/h for ordinary passenger trains and up to 250 km/h for the Sapsan high-speed electric train. The analysis of the obtained results made it possible to obtain a picture of the distribution of extreme values of excess and rarefied air pressure depending on the distance from the track axis and the height above the level of the rail head for various types of rolling stock. Based on the obtained distribution pattern, the degree of decrease in the intensity of the air wave from the passing train is determined depending on the distance from the axis of the track. The periodic nature of the aerodynamic impact caused by the presence of gaps between cars was also revealed, and its frequencies for different speeds of movement were determined.

The results presented in this paper can subsequently be used to verify the developed computational models of the aerodynamic impact of moving high-speed trains on infrastructure elements.

Keywords: aerodynamics, railway transport, high-speed communication, experimental measurements

For citation: Labutin N. A., Dyachenko L. K., Lang A. V. Experimental measurements of rolling stock aerodynamics. *The Siberian Transport University Bulletin*. 2022;(62):40–48. (In Russ.). DOI 10.52170/1815-9265_2022_62_40.

Введение

Увеличение скорости движения поездов неизбежно приводит к необходимости учета взаимодействия подвижного состава с воздушной средой. Аэродинамическое сопротивление движению высокоскоростного электропоезда может составлять от 35 % при скорости 100 км/ч до 90 % при скорости 300 км/ч от общего сопротивления движению [1]. Вместе с тем существенное аэродинамическое воздействие движущийся поезд оказывает на объекты инфраструктуры, расположенные в непосредственной близости от пути [2]. Особую актуальность вопросы внешней аэродинамики скоростных поездов получили в ключе проектирования высокоскоростной железнодорожной магистрали Санкт-Петербург – Москва (ВСЖМ-1) с эксплуатационной скоростью до 360 км/ч.

Аэродинамика высокоскоростного поезда

Движение поезда приводит к локальному возмущению воздушной среды, выраженному образованием воздушной волны у головной и хвостовой частей состава. Волны подобны друг другу, за исключением меньших амплитудных значений и обратного знака хвостовой волны. Кроме того, при движении сдвоенных составов образуется «промежуточная» воздушная волна в месте их сочленения. Возмущение в промежутке между волнами вызвано вязкостным трением воздушных масс о стенки подвижного состава и имеет турбулентный характер с периодическими всплесками в межвагонных промежутках. Головная воздушная волна при изучении является определяющей, так как имеет существенно большую

интенсивность относительно хвостовой и промежуточной волн [3].

Качественная картина воздушных волн, сопровождающих движущийся поезд, практически не зависит от его типа и скорости и представлена постепенным уплотнением воздушной массы в носовой части с последующим резким разуплотнением [4–10].

Амплитудные величины давления воздушной волны зависят от формы носовой части [4] и пропорциональны квадрату скорости движения поезда. Очертания носовой части локомотива определяют характер распределения воздушных масс. Так, для поездов с тупыми формами кабины характерны большие амплитудные величины давлений, чем для поездов с головными обтекателями при тех же скоростях движения.

Возмущение воздушной среды, вызванное движущимся поездом, передается на объекты инфраструктуры, расположенные в непосредственной близости от пути, подвижной состав, движущийся на смежных путях, и на пассажиров на платформах [4, 5]. Указанное аэродинамическое воздействие должно быть в обязательном порядке учтено при проектировании сооружений в составе высокоскоростных железнодорожных магистралей (в частности, ВСЖМ-1). Определение величины этого воздействия следует выполнять по методикам, приведенным в СТУ и ограниченным скоростью 300 км/ч. При скорости движения свыше 300 км/ч необходимо применять программные комплексы вычислительной гидрогазодинамики, однако при их использовании следует выполнять верификацию

расчетных моделей для достижения достоверности результатов расчета.

Верификация расчетной модели может быть проведена по результатам экспериментальных измерений амплитудных величин воздушной волны, вызванной прохождением поезда. В России подобные измерения производились и ранее [11], но их результаты были ориентированы на обеспечение безопасности пассажиров на платформах и возможности движения высокоскоростного электропоезда «Сапсан» по существующим путям без уширения междупутья. Также отечественная практика содержит экспериментальные исследования аэродинамического воздействия электропоезда ЭР200 со скоростью движения 200 км/ч на устройства сигнализации [12]. Таким образом, в связи с недостаточным количеством опытных данных возникла необходимость выполнения экспериментальных измерений аэродинамического воздействия от движущихся поездов.

Экспериментальные измерения

Экспериментальные измерения были выполнены в июле – августе 2021 г. на участках железнодорожной линии Санкт-Петербург – Москва в Ленинградской, Тверской и Новгородской областях. Максимальная допустимая скорость обращения поездов на участках экспериментальных измерений составляла от 140 км/ч для пассажирских до 200 км/ч для скоростных поездов и 250 км/ч для высокоскоростных электропоездов «Сапсан». Места измерений и соответствующие им максимальные допустимые скорости движения поездов приведены в табл. 1.

Измерения осуществлялись высокочастотными (1 кГц) мембранными датчиками избыточного давления, устанавливаемыми на расстоянии от 2,0 до 9,2 м от оси пути и в диапазоне высот от 0,7 до 4,2 м от уровня головки рельса. Схема установки датчиков приведена на рис. 1.

Крепление датчиков осуществлялось с помощью струбцин к мачтам светофоров, перильным ограждениям платформ, служебным постройкам и опорам контактной сети. Также установка датчиков осуществлялась на штативах. Процесс измерения показан на рис. 2.

Зафиксированные датчики были соединены кабельными линиями с компьютером, установленным в целях обеспечения безопасности, на удалении от оси пути. Запись измерений начиналась за 3...5 с до прохода поезда и продолжалась в течение 5...7 с после его проследования для возможности определения на этапе обработки фактического атмосферного давления с последующим выделением только динамической составляющей. Примеры графиков, полученных путем измерений с поправкой на атмосферное давление, приведены на рис. 3, 4. Экспериментально полученные графики демонстрируют качественно единообразную картину аэродинамического воздействия для всех эксплуатирующихся на линии типов подвижного состава, выраженную головной и хвостовой воздушными волнами и турбулентными возмущениями между ними. Кроме того, для ряда поездов, движущихся со скоростями более 160 км/ч, был зафиксирован спутный след, завершающийся еще одной воздушной волной с меньшими амплитудными значениями (рис. 5).

Таблица 1

Максимально допустимые скорости движения поездов в местах измерений

№ п/п	Место измерения*	Скорость, км/ч				
		ЭП2к	«Ласточка»	ЭП20	ЧС200	«Сапсан»
1	126-й км	140				
2	172-й км	160				
3	175-й км					
4	179-й км					
5	190-й км					
6	199-й км					
7	405-й км					
8	454-й км					
9	467-й км					
10	527-й км					
		180				

* В качестве места измерения указан километр линии Санкт-Петербург – Москва.

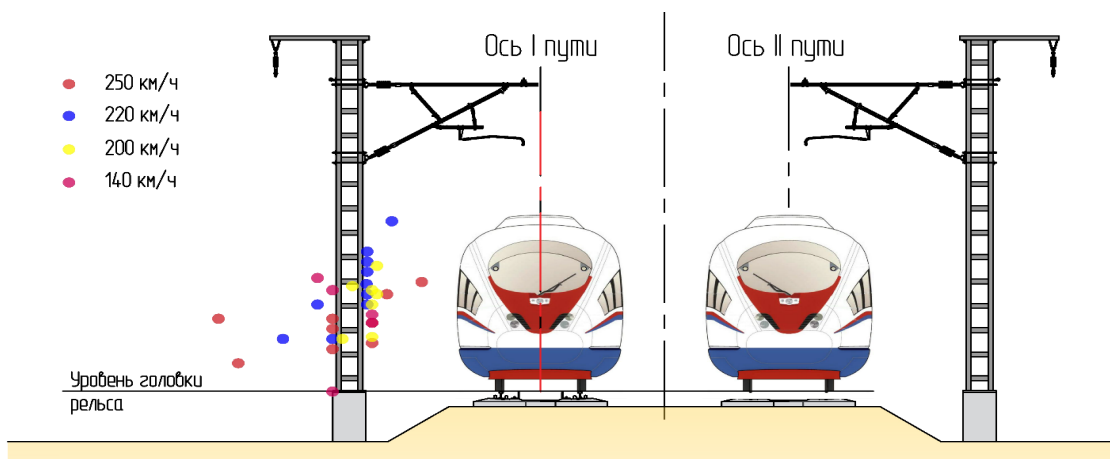


Рис. 1. Схема установки датчиков измерения давления



Рис. 2. Процесс измерения аэродинамического воздействия в местах:
а – ст. Мстинский мост; б – платформа Саблино; в – 199-й км линии Санкт-Петербург – Москва;
г – 405-й км линии Санкт-Петербург – Москва

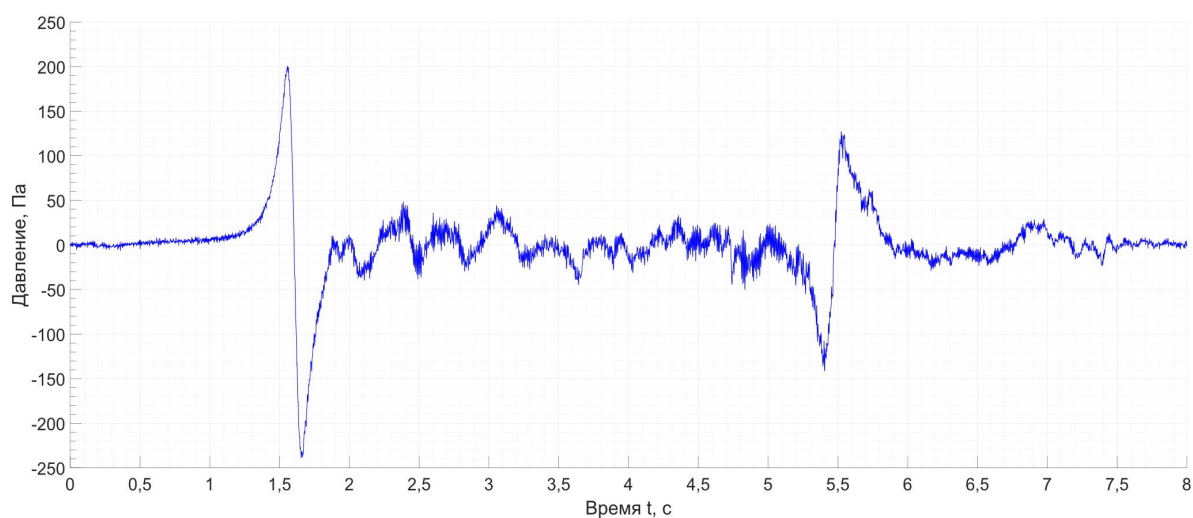


Рис. 3. График изменения давления при проходе высокоскоростного поезда «Сапсан» со скоростью 250 км/ч

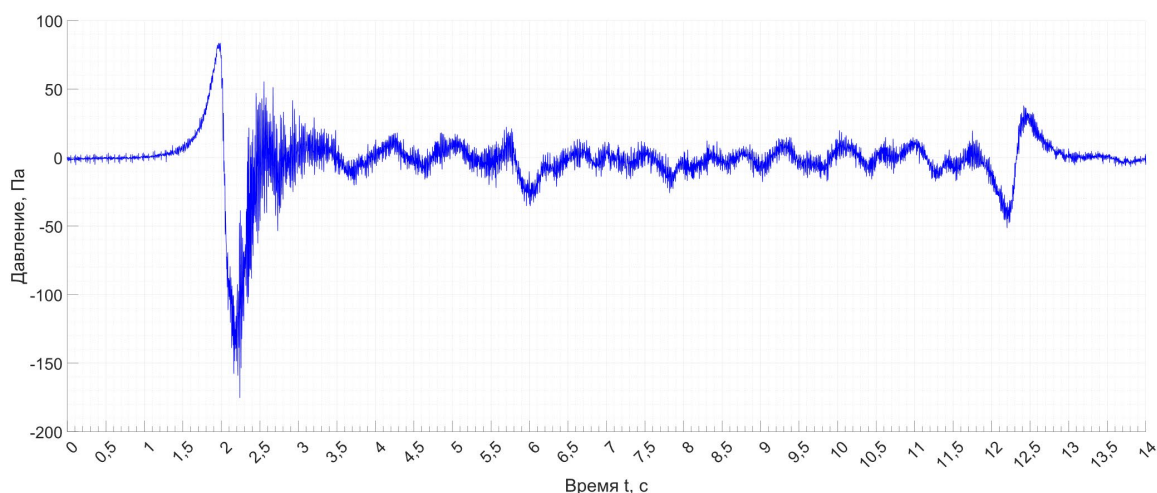


Рис. 4. График изменения давления при проходе пассажирского поезда с электровозом ЭП2к со скоростью 120 км/ч

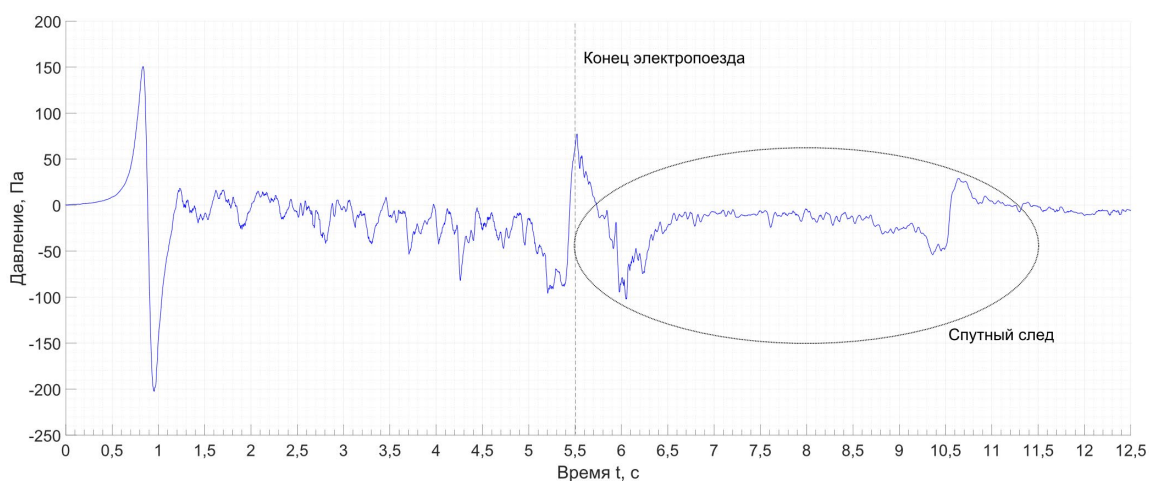


Рис. 5. График изменения давления и спутный след при проходе высокоскоростного поезда «Сапсан» со скоростью 200 км/ч

Обработка измерений

Результаты были сгруппированы по типам подвижного состава и скорости движения на момент измерения. Наибольшее число измерений (более 70 % от общего количества) было сделано для высокоскоростного электропоезда «Сапсан» и пассажирского электровоза ЭП2к с пассажирскими составами. Наибольший диапазон скоростей движения для выполненных измерений также у электропоезда «Сапсан» (от 200 до 250 км/ч). В процессе обработки результатов измерений для каждого графика были определены экстремальные значения избыточного давления и давления разрежения. Анализ и математическая обработка полученных величин позволили получить картину распределения типов

давления в зависимости от высоты над уровнем головки рельса и расстояния от оси пути. Примеры полученных ситуаций распределения типов давления приведены на рис. 6, 7. На их основе были сделаны выводы об области сосредоточения экстремальных величин воздушного давления относительно высоты над уровнем головки рельса для различных типов поездов. Так, для электропоезда «Сапсан» максимальная величина избыточного давления находится на уровне 1,5...1,8 м от уровня головки рельса, а давления разрежения – на уровне 3,0...3,2 м. У электровозов ЧС200 и ЭП2к области давления (как избыточного, так и разрежения) сосредоточены примерно на одной высоте от уровня головки рельса (1,5...2,0 м для ЧС200 и 2,7...3,0 м для ЭП2к).

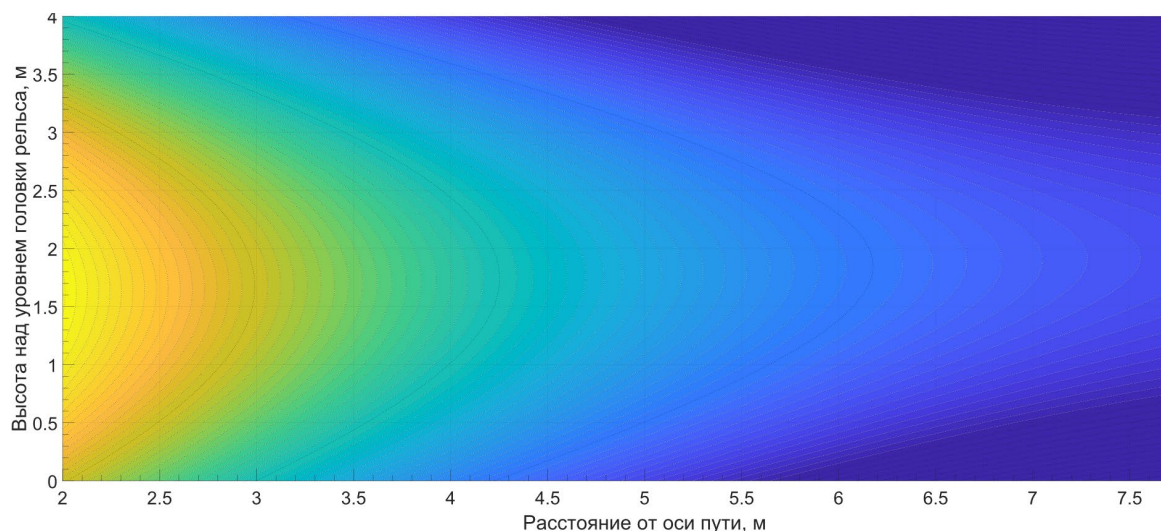


Рис. 6. Распределение максимальных величин избыточного давления при движении высокоскоростного поезда «Сапсан» со скоростью 250 км/ч

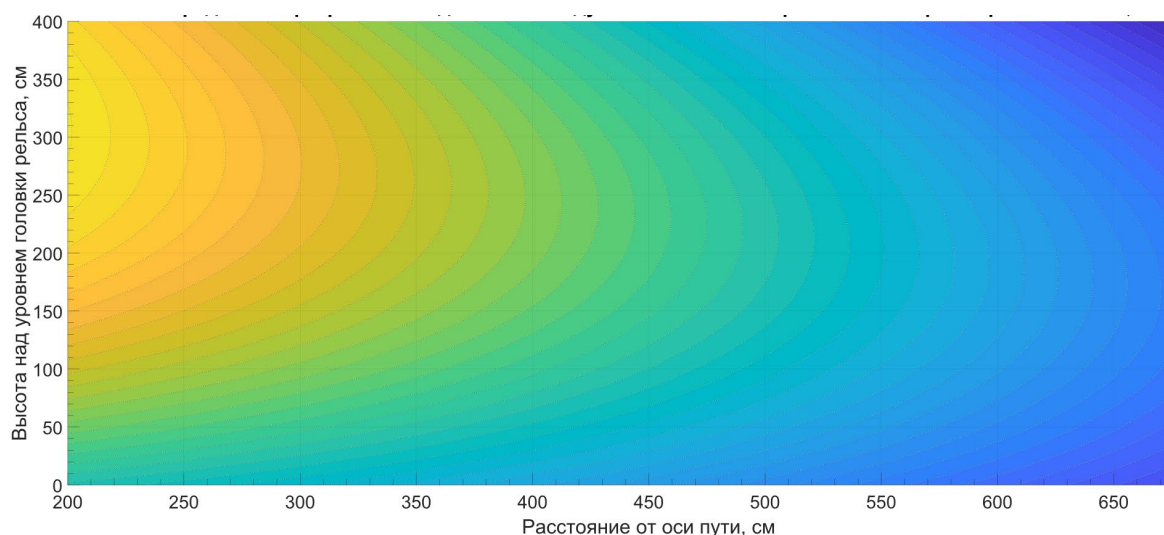


Рис. 7. Распределение максимальных величин давления разрежения при движении электропоезда ЭП2к со скоростью 120 км/ч

Также отмечено, что при прочих равных условиях (положение датчиков, скорость поезда, внешние погодные факторы) максимальная величина давления воздушной волны электропоездов ЧС200 и ЭП2к на 29 и 51 % соответственно больше, чем электропоезда «Сапсан», что обусловлено его высокими аэродинамическими качествами.

По полученным картинам распределения экстремальных величин головной воздушной волны можно определить величину ее интенсивности в зависимости от расстояния от оси пути. Степень интенсивности выражается коэффициентом рассеивания α , являющимся отношением давления в рассматриваемой точке к максимальному измеренному давлению (на

расстоянии 2,0 м от оси пути). Сравнительные кривые коэффициента рассеивания приведены на рис. 8.

Из данных полученного графика видно, что на расстоянии 5 м от оси пути давление воздушной волны снижается на 50 %, на расстоянии 8 м – на 80 % (относительно давления на расстоянии 2 м от оси пути).

Также по результатам измерений было установлено, что аэродинамическое воздействие в промежутке времени между головной и хвостовой воздушными волнами носит ярко выраженный периодический характер, что обусловлено наличием межвагонных промежутков в поездах. Несмотря на то что величина всплесков в этих промежутках значительно меньше амплитуд-

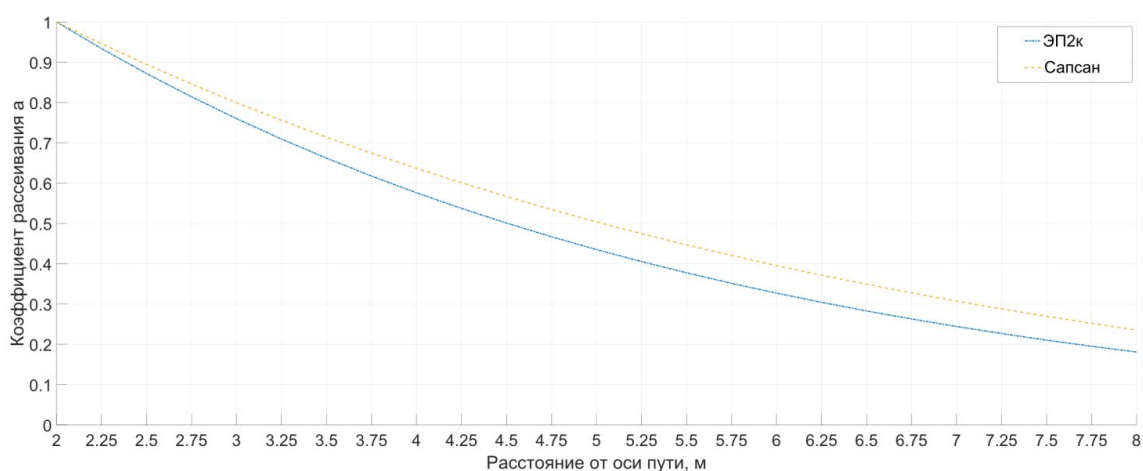


Рис. 8. Кривые коэффициента рассеивания воздушной волны для электропоезда «Сапсан» и электровоза ЭП2к

ных величин, их периодичность может оказать существенное динамическое воздействие на конструкции. Наибольший динамический отклик могут вызвать контейнерные и сдвоенные высокоскоростные поезда, что обусловлено их большей протяженностью. Частота динамического воздействия для высокоскоростного поезда «Сапсан» изменяется от 1,57 Гц при скорости 140 км/ч до 2,67 Гц при 250 км/ч (рис. 9). В то же время частота динамического воздействия от контейнерного поезда при скорости 80 км/ч составляет 0,89 Гц (рис. 10) а пассажирского поезда при скорости 120 км/ч – 0,65 Гц.

Выводы

На основе результатов выполненных экспериментальных измерений аэродинамического воздействия, вызванного движущимися

поездами, были получены картины распределения зон избыточного давления и давления разрежения для различных типов подвижного состава. Установлено, что форма подвижного состава существенно влияет на величину давления головной воздушной волны – до 51 %. Были получены кривые коэффициента затухания воздушной волны, согласно которым на расстоянии 5 м от оси пути величина давления снижается в два раза, а на расстоянии 8 м в пять раз относительно давления на расстоянии 2 м от оси пути.

Отмечено, что аэродинамическое воздействие, оказываемое поездом в промежутке между его головной и хвостовой воздушными волнами, носит периодический характер. Частота воздействия зависит от скорости и

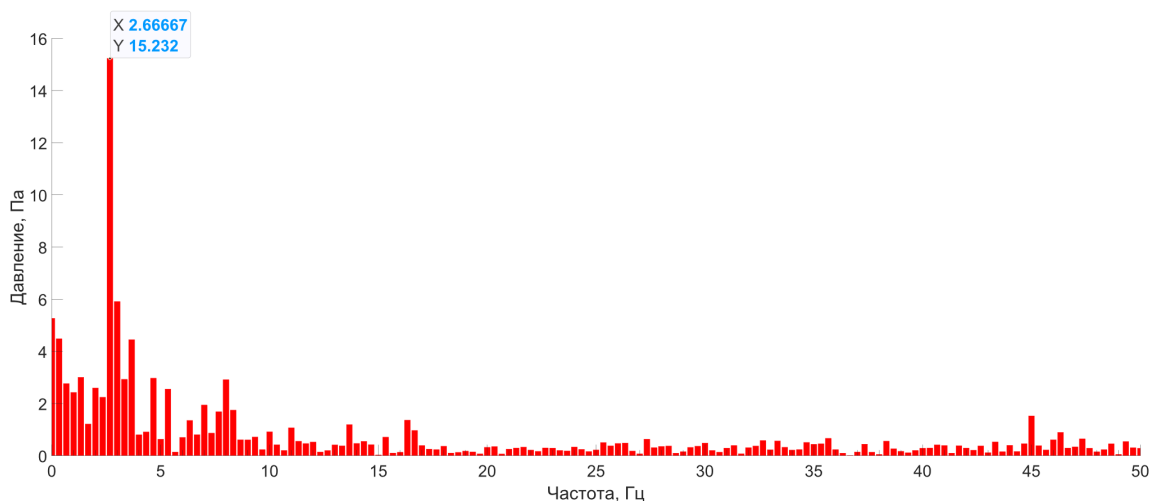


Рис. 9. Амплитудно-частотная характеристика аэродинамического воздействия поезда «Сапсан» (скорость 250 км/ч, $f = 2,67$ Гц)

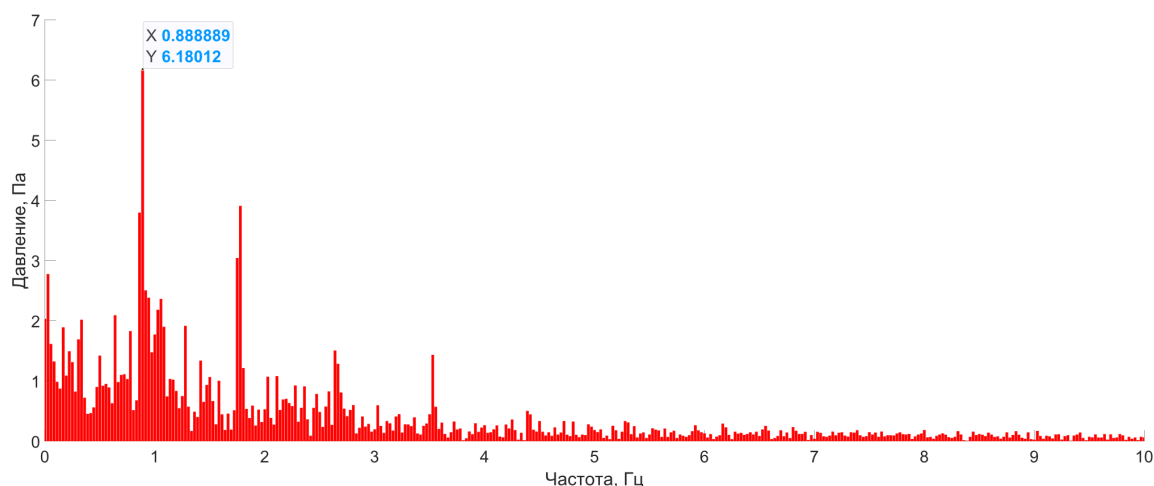


Рис. 10. Амплитудно-частотная характеристика аэродинамического воздействия контейнерного поезда (скорость 80 км/ч, $f = 0,89$ Гц)

длины вагона поезда. Наибольшее динамическое воздействие оказывают высокоскоростные (в том числе сдвоенные) и контейнерные поезда.

Результаты выполненных экспериментальных измерений позволяют оценить харак-

тер аэродинамического воздействия от движущихся поездов и в дальнейшем будут служить для верификации расчетных моделей аэродинамического воздействия подвижного состава на объекты инфраструктуры.

Список источников

1. Чурков Н. А., Битюцкий А. А., Кручек В. А. Влияние воздушной среды на поезд // Проблематика транспортных систем. 2013. № 2. С. 20–26.
2. Поляков Б. О., Ватулина Е. Я. Взаимодействие высокоскоростного поезда с воздушной средой вблизи объектов инфраструктуры // Транспорт Российской Федерации. 2017. № 3 (70). С. 25–28.
3. Чурков Н. А. Аэродинамика железнодорожного поезда: принципы конструирования подвижного состава, минимизирующие воздействия воздушной сферы на железнодорожный поезд. М. : Желдориздат, 2007. 332 с.
4. Baker C. J. A review of train aerodynamics. Part 1. Fundamentals // The Aeronautical Journal. 2014. Vol. 117, no. 1201. P. 201–228.
5. Baker C. J. A review of train aerodynamics. Part 2. Application // The Aeronautical Journal. 2014. Vol. 118, no. 1202. P. 345–382.
6. Baker C. J., Soper D. A full-scale experimental investigation of passenger and freight train aerodynamics // Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers. Part F : Journal of Rail and Rapid Transit. 2019. No. 234 (5). C. 1–41.
7. Full-scale experiment of transient aerodynamic pressures acting on a bridge noise barrier induced by the passage of high-speed trains operating at 380–420 km/h / Xiong Xiao-Hui, Yang Bo, Wang Kai-Wen [et al.] // Journal of Wind Engineering & Industrial Aerodynamics. 2020. Vol. 204. P. 1–9.
8. Yue Zhang, Dongping Wang. Numerical analysis of the aerodynamic characteristics of the open Line intersection of fast freight train with the speed of 160 km/h // Journal of Physics: Conference Series. 2021. Vol. 2125. P. 1–10.
9. Moving model experiments on transient pressure induced by a high-speed train passing through noise barrier / Jian Du, Lei Zhang, Ming-zhi Yang [et al.] // Journal of Wind Engineering & Industrial Aerodynamics. 2020. Vol. 204.
10. Aerodynamic forces on railway acoustic barriers / D. Soper, S. Gillmeier, C. Baker [et al.] // Journal of Wind Engineering & Industrial Aerodynamics. 2019. No. 191. C. 266–278.
11. Лазаренко Ю. М., Капускин А. Н. Аэродинамическое воздействие высокоскоростного электропоезда «Сапсан» на пассажиров на платформах и на встречные поезда при скрещении // Вестник ВНИИЖТ. 2012. № 4. С. 11–14.
12. Горелик А. В., Шуваев В. В., Минаков Д. Е. Аэродинамическое воздействие скорости движения поезда на напольные устройства СЦБ // Наука и техника транспорта. 2013. № 2. С. 067–074.

References

1. Churkov N. A., Bityutsky A. A., Kruchek V. A. The influence of the air environment on the train. *Problems of transport systems*. 2013;2:20–26. (In Russ.).
2. Polyakov B. O., Vaulina E. Ya. Interaction of a high-speed train with the air environment near infrastructure facilities. *Transport of the Russian Federation*. 2017;3(70):25–28. (In Russ.).
3. Churkov N. A. Railway train aerodynamics: principles of rolling stock design that minimize the effects of the air sphere on a railway train. M.: Zheldorizdat; 2007. 332 p. (In Russ.).
4. Baker C. J. A review of train aerodynamics. Part 1. Fundamentals. *The Aeronautical Journal*. 2014;117(1201):201–228.
5. Baker C. J. A review of train aerodynamics. Part 2. Application. *The Aeronautical Journal*. 2014;118(1202):345–382.
6. Baker C. J., Soper D. A full-scale experimental investigation of passenger and freight train aerodynamics. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part F. Journal of Rail and Rapid Transit*. 2019;234(5):1–41.
7. Xiong Xiao-Hui, Yang Bo, Wang Kai-Wen, Liu Tang-hong, He Zhao, Zhu Liang. Full-scale experiment of transient aerodynamic pressures acting on a bridge noise barrier induced by the passage of high-speed trains operating at 380–420 km/h. *Journal of Wind Engineering & Industrial Aerodynamics*. 2020;204:1–9.
8. Yue Zhang, Dongping Wang. Numerical analysis of the aerodynamic characteristics of the open Line intersection of fast freight train with the speed of 160 km/h. *Journal of Physics: Conference Series*. 2021;2125:1–10.
9. Jian Du, Lei Zhang, Ming-zhi Yang, Fan Wu, Kun Li. Moving model experiments on transient pressure induced by a high-speed train passing through noise barrier. *Journal of Wind Engineering & Industrial Aerodynamics*. 2020;204.
10. Soper D., Gillmeier S., Baker C., Morgan T., Vojnovic L. Aerodynamic forces on railway acoustic barriers. *Journal of Wind Engineering & Industrial Aerodynamics*. 2019;191:266–278.
11. Lazarenko Yu. M., Kapuskin A. N. Aerodynamic effect of the high-speed electric train Sapsan on passengers on platforms and on oncoming trains when crossing. *Bulletin VNIIZHT*. 2012;4:11–14. (In Russ.).
12. Gorelik A. V., Shuvaev V. V., Minakov D. E. The aerodynamic effect of train speed on the floor devices of the SCB. *Science and Technology of Transport*. 2013;(2):067–074. (In Russ.).

Информация об авторах

Н. А. Лабутин – аспирант кафедры «Мосты» Петербургского государственного университета путей сообщения Императора Александра I.

Л. К. Дьяченко – доцент кафедры «Мосты» Петербургского государственного университета путей сообщения Императора Александра I, кандидат технических наук.

А. В. Ланг – аспирант кафедры «Мосты» Петербургского государственного университета путей сообщения Императора Александра I.

Information about the authors

N. A. Labutin – Post-graduate Student of the Bridge Department, Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University.

L. K. Dyachenko – Associate Professor of the Bridge Department, Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University, Candidate of Engineering.

A. V. Lang – Post-graduate Student of the Bridge Department, Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University.

Статья поступила в редакцию 01.04.2022; одобрена после рецензирования 18.04.2022; принята к публикации 20.06.2022.

The article was submitted 01.04.2022; approved after reviewing 18.04.2022; accepted for publication 20.06.2022.

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

Научная статья
УДК 624.21.01/09
doi 10.52170/1815-9265_2022_62_49

Особенности пространственной работы железнодорожных металлических пролетных строений, установленных в кривых участках пути

Илья Витальевич Засухин^{1✉}, Леонид Юрьевич Соловьев²

^{1,2} Сибирский государственный университет путей сообщения, Новосибирск, Россия

¹ zasukhiniv@mail.ru✉

² lys@yandex.ru

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы напряженного состояния основных несущих элементов железнодорожного металлического пролетного строения с ездой на балласте, установленного в кривом участке пути. Путь в кривой укладывают с переменным по длине эксцентриситетом относительно оси пролетного строения. Это приводит к неравномерной загрузке балок как постоянными, так и временными вертикальными нагрузками. При движении в кривой от подвижного состава дополнительно возникают горизонтальные усилия из-за действия центробежной силы. Таким образом, спектр силовых воздействий от постоянных и временных нагрузок на главные балки таких пролетных строений получается довольно сложным.

Существующие конструктивные исполнения железнодорожных металлических пролетных строений можно отнести к тонкостенным стержням. Характерной чертой тонкостенного стержня некруглого поперечного сечения является то, что во время стесненного кручения в нем возникают продольные деформации и пропорциональные этой деформации нормальные напряжения. Величина напряжений, вызванных стесненным кручением, зависит от действующего в сечении бимомент и крутильной жесткости конструкции.

Авторами предложен энергетический подход для определения угла закручивания сечения от работы внешнего крутящего момента. Учет изменения эксцентриситета действия внешних сил относительно центра изгиба сечений по длине пролетного строения выполнен путем разложения нагрузок в ряд Фурье. Такой метод позволяет применять любую функцию крутящего момента от координаты по длине конструкции. Зная угол закручивания сечения пролетного строения, можно определить величину бимомент и, как следствие, значения нормальных напряжений в изгибаемых в двух плоскостях в условиях стесненного кручения главных балках.

Ключевые слова: железнодорожное пролетное строение, поездная нагрузка, тонкостенный стержень, стесненное кручение, бимомент

Для цитирования: Засухин И. В., Соловьев Л. Ю. Особенности пространственной работы железнодорожных металлических пролетных строений, установленных в кривых участках пути // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. 2022. № 3 (62). С. 49–56. DOI 10.52170/1815-9265_2022_62_49.

BUILDING AND ARCHITECTURE

Original article

Features of skipping the work of railway metal superstructures, collection on curved sections of the track

Ilya V. Zasukhin^{1✉}, Leonid Yu. Soloviyov²

^{1,2} Siberian Transport University, Novosibirsk, Russia

¹ zasukhiniv@mail.ru✉

² lys@yandex.ru

Abstract. The article deals with the issues of the stress-strain state of the main load-bearing elements of a railway steel superstructure with ballast running, installed in a curved section of the track. To ensure movement in a curve, the path is laid with a variable eccentricity along the length relative to the axis of the superstructure. At the same time, due to the elevation of the outer rail, a force arises in the elements of the span structure due to the action of centrifugal force. Thus, the range of force effects from permanent and temporary loads on the main beams of such superstructures turns out to be quite complex.

The existing designs of railway metal superstructures with ballast running can be attributed to thin-walled rods. A characteristic feature of a thin-walled rod of a non-circular cross section is that during constrained torsion, longitudinal deformations and normal stresses proportional to this deformation occur in it. The magnitude of the stresses caused by constrained torsion depends on the bimoment acting in the section and the torsion stiffness of the structure.

The authors proposed an energy approach to determine the angle of twist of the section from the work of an external torque. Accounting for changes in the eccentricity of the action of external forces relative to the center of the bending of sections along the length of the span is made by expanding the loads in a Fourier series. This method allows you to apply any function of the torque from the coordinate along the length of the structure. Knowing the twisting angle of the section of the span structure, it is possible to determine the magnitude of the bimoment and, as a result, the values of normal stresses in the main beams bent in two planes under conditions of constrained torsion.

Keywords: railway superstructure, train load, thin-walled rod, constrained torsion, bimoment

For citation: Zasukhin I. V., Solovyov L. Yu. Features of skipping the work of railway metal superstructures, collection on curved sections of the track. *The Siberian Transport University Bulletin*. 2022;(62):49–56. (In Russ.). DOI 10.52170/1815-9265_2022_62_49.

Введение

В мостах на кривых участках пути применяют, как правило, прямолинейные железно-дорожные пролетные строения. Для типовых конструкций такое исполнение позволяет унифицировать технологию их изготовления и монтажа. Для устройства переменного эксцентриситета пути и возвышения наружного рельса применяют конструкцию мостового полотна с ездой на балласте. Такое исполнение позволяет просто обеспечить передачу и восприятие на главные балки пролетных строений неравномерного воздействия от подвижного состава из-за центробежной силы и переменного эксцентриситета пути по длине пролетного строения.

Конструкции мостового полотна с ездой на балласте могут быть представлены в виде железобетонной плиты балластного корыта, объединенной в совместную работу с металлическими главными балками при помощи упоров (пролетные строения с таким конструктивным исполнением называют сталежелезобетонными), и ортотропной металлической плиты балластного корыта на цельнометаллических пролетных строениях.

Сталежелезобетонные конструкции в нашей стране начали применять с середины XX в., а массовое использование таких конструкций пришлось на 1970-е гг. Однако из-за большой дефектности дальнейшее их применение при новом строительстве в 2001 г. прекращено. При этом на сети железных дорог ОАО «РЖД» по-прежнему эксплуатируют около 1 200 таких конструкций.

На замену сталежелезобетонным пролетным строениям разработаны цельнометаллические конструкции с ортотропной плитой балластного корыта (типовые проекты: инвентарный номер 510РЧ серии 3.501.2-143, инвентарный номер 2210 и ряд конструкций индивидуальной проектировки). На сегодняшний день установлено уже более 650 таких пролетных строений.

Особенностью проектирования металлических пролетных строений с ездой на балласте, установленных в кривых участках пути, является необходимость учета распределения давления от подвижного состава на основные несущие элементы пролетных строений (главные балки). Величины внутренних усилий в элементах таких пролетных строений зависят от уровня распределения давления между внутренним и наружным рельсами от подвижной нагрузки. Неравномерное давление на рельсы возникает при изменении эксцентриситета по длине конструкции, разной толщине слоя балласта под концами шпал, а также действию центробежной силы. Перечисленные факторы приводят к возникновению сложного напряженного состояния за счет косого изгиба и кручения [1].

20 мая 2011 г. вступил в силу новый свод правил по проектированию и строительству СП 16.13330.2011 «Стальные конструкции» [2]. Отличительной особенностью данного документа является учет бимомента B_ω в расчетах по несущей способности элементов стальных конструкций, которого не было ни в одном ранее изданном отечественном нормативном документе. В нем при расчете на прочность изгибаемых элементов сплошного сечения би-момент как

силовой фактор фигурирует наравне с изгибающими моментами M_z и M_y :

$$\sigma = \frac{M_y}{I_y} z \pm \frac{M_z}{I_z} y \pm \frac{B_\omega}{I_\omega} \omega \leq R_y, \quad (1)$$

где σ – нормальные напряжения в сечении от внутренних усилий M_y и M_z , B_ω ; M_y и M_z – значения изгибающих моментов относительно осей y и z соответственно; I_y и I_z – моменты инерции сечения относительно осей y и z соответственно; x и y – расстояния от центра масс до рассматриваемой точки; ω – секториальная площадь в рассматриваемой точке; R_y – расчетное сопротивление стали.

Многие исследователи отмечают [3–10], что нормальные напряжения в сечении, вызванные действием бимоента, могут составлять значительную долю от напряжений, вызванных суммарным действием внутренних усилий, особенно при приложении внешней нагрузки со значительным эксцентриситетом относительно центра изгиба, а также при малой крутильной жесткости поперечного сечения пролетного строения. Однако нормы [2] не распространяются на проектирование стальных конструкций мостов, а в нормах для проектирования мостов [11] таких указаний не содержится.

Результаты испытаний пролетных строений с ортотропным балластным корытом, включенным в работу с металлическими глав-

ными балками [12], указывают на необходимость представления таких конструкций как пространственных структур, в работе которых при действии временных нагрузок проявляются свойства замкнутых контуров. До недавнего времени подобные указания отсутствовали в Руководстве по определению грузоподъемности металлических пролетных строений железнодорожных мостов [13].

Расчетная схема к определению внутренних усилий в главных балках пролетного строения

Поездную нагрузку, движущуюся с некоторой скоростью по пролетному строению, установленному в кривом участке пути, можно представить в виде вертикальной равномерно распределенной нагрузки $k_{вр}$, вызванной весом подвижного состава, и в виде равномерно распределенной нагрузки $c_0 k_{вр}$, вызванной действием центробежной силы. Последняя расположена под углом $\alpha_{ш}$ к горизонтальной плоскости из-за возвышения наружного рельса. Схема действия внешних сил на пролетное строение показана на рис. 1.

В расчетной схеме, представленной на рис. 2, все внешние силы сведены к центру изгиба поперечного сечения пролета. В результате переноса сил возникает распределенный крутящий момент m_x , равномерно распреде-

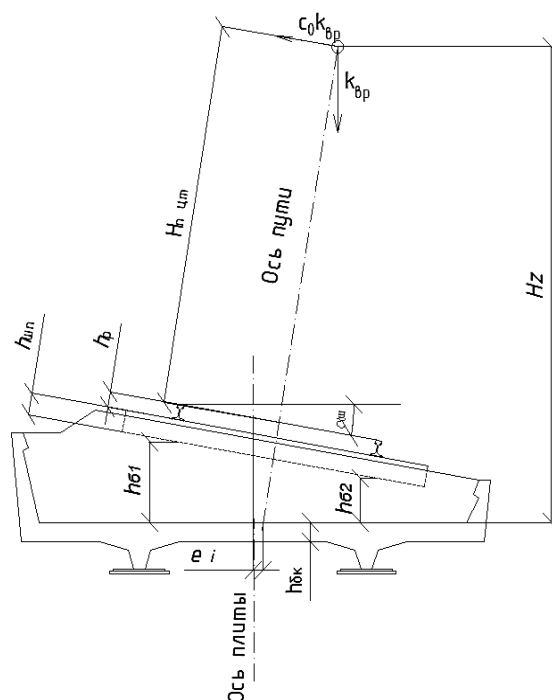


Рис. 1. Действие внешних сил на пролетное строение

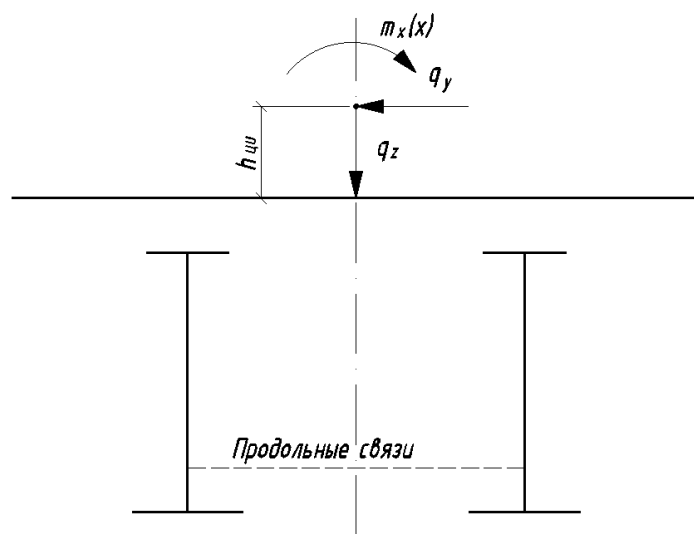


Рис. 2. Расчетная схема действия внешних сил на пролетное строение

ленная вертикальная нагрузка q_z от веса подвижного состава, элементов пролетного строения и верхнего строения пути, а также равномерно распределенная горизонтальная нагрузка q_y , вызванная действием центробежной силы [10].

Плечо от оси плиты балластного корыта до оси действия равномерно распределенной горизонтальной нагрузки q_y можно вычислить по формуле

$$H_z = \frac{h_{б.к} + h_{б1} + h_{б2}}{2} + (h_{ш} + h_p + H_{п.ц.т}) \cos \alpha_{ш}, \quad (2)$$

где $h_{б.к}$ – толщина плиты балластного корыта; $h_{б1}$ и $h_{б2}$ – высота балласта под внутренним и наружным рельсами соответственно; $h_{ш}$ – высота шпалы; h_p – высота рельса; $H_{п.ц.т}$ – расстояние от головки рельса до центра тяжести подвижного состава; $\alpha_{ш}$ – угол наклона шпалы.

Угол наклона определяется по формуле

$$\alpha_{ш} = \arcsin \frac{|h_{б1} - h_{б2}|}{S_k}. \quad (3)$$

Исходя из схемы, изображенной на рис. 1, суммарная вертикальная q_z и горизонтальная q_y равномерно распределенные нагрузки вычисляются по формулам:

$$q_z = k_{вп} \left(1 - \frac{c_0 \sin \alpha}{1 + \mu} \right); \quad (4)$$

$$q_y = \frac{c_0 k_{вп} \cos \alpha}{1 + \mu}, \quad (5)$$

где c_0 – коэффициент, определяющий величину нагрузки от центробежной силы.

Данный коэффициент находят по формуле

$$c_0 = 0,008 \frac{v^2}{R}, \quad (6)$$

где v – расчетная скорость движения поездов, км/ч; R – радиус кривой.

Значение функции крутящего момента от временной нагрузки m_x^v в i -м сечении по длине пролетного строения можно вычислить по формуле

$$m_{xi}^v = q_{з.вп} (e_i + H_z \operatorname{tg} \alpha) - q_y (H_z - h_{ц.и}), \quad (7)$$

где $h_{ц.и}$ – расстояние между центром изгиба и осью плиты балластного корыта (см. рис. 2).

Для обеспечения уклона рельсов балласт неравномерно распределяется по ширине плиты балластного корыта, таким образом, центр тяжести смещается на некоторый эксцентриситет от центра изгиба пролетного строения. В этом случае, как и в случае с подвижным составом, возникает распределенный крутящий момент, равный произведению веса балласта на расстояние до центра изгиба пролетного строения. Таким образом, для дальнейших расчетов необходимо вычислить значения функции m_x^v в начале, середине и конце пролета от веса балласта с частями пути. Эксцентриситет приложения веса балласта:

$$e_6(x) = L_k \left(0,5 - \frac{3h_{п.6} + \Delta h_{п.6}}{3(2h_{п.6} + \Delta h_{п.6})} \right) + e(x), \quad (8)$$

где L_k – ширина балластного корыта между внутренними гранями продольных бортов; $h_{п.б}$ – высота меньшего продольного борта от верха плиты; $\Delta h_{п.б}$ – разница высот продольных бортов.

Момент от веса балластной призмы вычисляют по формуле

$$m_x^p(x) = q_6 e_6(x), \quad (9)$$

где q_6 – погонная нагрузка от веса балласта.

Как уже было показано выше, при приложении временных и постоянных нагрузок с некоторым эксцентриситетом относительно центра изгиба пролетного строения, в общем случае на конструкцию будут действовать вертикальная и горизонтальная равномерно распределенные нагрузки и распределенный крутящий момент. Принято, что плечо действия горизонтальной нагрузки относительно центра изгиба постоянно по длине пролетного строения, а плечо действия вертикальной нагрузки может быть как постоянно, так и изменяться по криволинейному закону.

Энергетический подход к определению усилий в главных балках пролетного строения

Потенциальная энергия системы, испытывающей стесненное кручение, имеет вид

$$U = U_1 + U_2 - W, \quad (10)$$

где U_1 – потенциальная энергия деформации чистого кручения; U_2 – потенциальная энергия деформации депланации; W – работа, совершаемая внешним моментом.

Потенциальную энергию деформации чистого кручения, депланации и работу, совершаемую внешним моментом, вычисляют по формулам:

$$U_1 = \int_l \frac{M_x^2 dx}{2GI_x} = \int_l \frac{\Phi'^2 GI_t dx}{2}; \quad (11)$$

$$U_2 = \int_l \frac{B_\omega^2 dx}{2EI_\omega} = \int_l \frac{\Phi''^2 EI_\omega dx}{2}; \quad (12)$$

$$W = \int_l m_x \Phi dx, \quad (13)$$

где Φ – угол закручивания; x – координата по длине пролетного строения.

Для случая, при котором оба конца закреплены от поворотов и опорные сечения могут свободно депланировать (условие стесненного кручения), угол закручивания можно представить в виде ряда Фурье:

$$\Phi(x) = \sum \Phi_n \sin \frac{n\pi x}{l}. \quad (14)$$

Внешний крутящий момент m_x равен произведению равномерно распределенной вертикальной нагрузки на величину эксцентриситета ее приложения (действие горизонтальной нагрузки при выводе формул не учитывается для упрощения записей). Тогда, подставляя выражения (11)–(13) в формулу (10) и учитывая угол закручивания, рассчитанный по формуле (14), находим потенциальную энергию деформации системы:

$$U = \int_l \left(\frac{\sum \Phi_n^2 \frac{n^2 \pi^2}{l^2} GI_t \cos^2 \frac{n\pi x}{l}}{2} + \frac{\sum \Phi_n^2 \frac{n^4 \pi^4}{l^4} EI_\omega \sin^2 \frac{n\pi x}{l}}{2} - \sum e q_z \Phi_n \sin^2 \frac{n\pi x}{l} \right) dx. \quad (15)$$

Для того чтобы упростить вывод формул, рассмотрим значения интегралов функций типа $\int \sin^2 Cx dx$ и $\int \cos^2 Cx dx$ отдельно от основного уравнения (15):

$$\int \cos^2 Cx dx = \frac{1}{2C} \sin 2Cx + \frac{1}{2} Cx - \frac{1}{4} \sin 2Cx + D; \quad (16)$$

$$\int \sin^2 Cx dx = -\frac{1}{2C} \sin 2Cx + \frac{1}{2} Cx - \frac{1}{4} \sin 2Cx + D. \quad (17)$$

Очевидно, что взяв определенный интеграл от 0 до l , в значении аргумента в функциях синуса уравнений (16) и (17) будет стоять либо 0, либо 2π . С учетом этого окончательная формула для расчета потенциальной энергии системы, испытывающей стесненное кручение, примет вид

$$U = \frac{\sum \Phi_n^2 \frac{n^2 \pi^2}{l^2} GI_t}{4} + \frac{\sum \Phi_n^2 \frac{n^4 \pi^4}{l^4} EI_\omega}{4} - \frac{\sum e k_n \Phi_n l}{2}. \quad (18)$$

Учитывая тот факт, что любая замкнутая система стремится перейти в состояние, при котором ее потенциальная энергия минимальна (принцип минимума энергии), производная потенциальной энергии по углу закру-

чивания будет равна 0. Тогда выражение (17) для постоянного поперечного сечения будет иметь вид (18), а коэффициент Фурье ϕ_n можно вычислить по формуле

$$\frac{\partial U}{\partial \phi_n} = \sum \phi_n \frac{n^2 \pi^2}{2l} G I_t + \sum \phi_n \frac{n^4 \pi^4}{2l^3} E I_\omega - \sum \frac{e k_n l}{2} = 0; \quad (19)$$

$$\phi_n = \frac{e k_n}{E I_\omega \frac{n^4 \pi^4}{l^4} + G I_t \frac{n^2 \pi^2}{l^2}}, \quad (20)$$

где k_n – коэффициент Фурье для случая действия вертикальной нагрузки без эксцентриситета.

Определяется по формуле

$$k_n = \frac{2}{l} \int_0^l q_z \sin\left(\frac{\pi n}{l} x\right) dx = \frac{2 q_z}{\pi n} (1 - \cos \pi n). \quad (21)$$

Как было отмечено выше, при нахождении подвижного состава на пролетном строении, расположенном в кривом участке пути некоторого радиуса, эксцентриситет приложения вертикальной нагрузки относительно центра изгиба по длине пролетного строения изменяется по криволинейному закону. Разложим функцию крутящего момента в ряд Фурье:

$$m_x(x) = \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \cos n x + m_n \sin n x). \quad (22)$$

Для описания функции $M_x(x)$ воспользуемся полиномом вида $f = g_1 x^2 + g_2 x + g_3$. Если для данного полинома известны координаты трех различных точек его графика $(x_1; y_1)$, $(x_2; y_2)$, $(x_3; y_3)$, то его коэффициенты могут быть найдены по формулам:

$$g_1 = \frac{y_3 - \frac{x_3(y_2 - y_1) + x_2 y_1 - x_1 y_2}{x_2 - x_1}}{x_3(x_3 - x_1 - x_2) + x_1 x_2}; \quad (23)$$

$$g_2 = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} - g_1(x_1 + x_2); \quad (24)$$

$$g_3 = \frac{x_2 y_1 - x_1 y_2}{x_2 - x_1} + g_1 x_1 x_2. \quad (25)$$

Примем начало системы координат в начале пролетного строения, ось x – ось пролетного строения, ось y – значение функции распределенного крутящего момента. Координаты трех известных точек будут равны:

$$\begin{cases} x_1 = 0, y_1 = m_{x0}, \\ x_2 = \frac{l}{2}, y_2 = m_{x0,5}, \\ x_3 = l, y_3 = m_{x1}; \end{cases} \quad (26)$$

$$g_1 = 2 \frac{m_{x1} - 2m_{x0,5} + m_{x0}}{l^2}; \quad (27)$$

$$g_2 = \frac{2(m_{x0,5} - m_{x0})}{l} - \frac{g_1 l}{2}; \quad (28)$$

$$g_3 = m_{x0}. \quad (29)$$

Функция $M_x(x)$ нечетная, поэтому в ряду Фурье будет представлена через функции синуса:

$$m_x(x) = \sum m_n \sin \frac{\pi n x}{l}; \quad (30)$$

$$m_n = \frac{2}{l} \int_0^l m_x \sin \frac{\pi n x}{l}; \quad (31)$$

$$m_n = \frac{2}{k_m^2 l} \left[(2 + g_2) \sin k_m l + \left(\frac{2g_1}{k^2} - g_1 l^2 - g_2 l - g_3 \right) k_m \cos k_m l + g_3 k_m - \frac{2g_1}{k_m} \right], \quad (32)$$

где $k_m = \pi n / l$.

Таким образом, при изменении крутящего момента по длине пролетного строения по параболе выражение (20) примет вид

$$\phi_n = \frac{m_n}{E I_\omega \frac{n^4 \pi^4}{l^4} + G I_t \frac{n^2 \pi^2}{l^2}}. \quad (33)$$

Для определения нормальных напряжений, действующих в поперечном сечении тонкостенных стержней по формуле (1), необходимо вычислить значения изгибающих моментов и бимоента по формулам:

$$M_y = q_z \Omega_z; \quad (34)$$

$$M_z = q_y \Omega_y; \quad (35)$$

$$B_\omega = -E I_\omega \Phi'' = -E I_\omega \sum \frac{n^2 \pi^2}{l^2} \phi_n \sin \frac{\pi n x}{l}, \quad (36)$$

где Ω_y и Ω_z – площади линий влияния при загрузении расчетной схемы пролетного строения вдоль горизонтальной оси y и вертикальной оси z соответственно.

Выводы

На основе теоретических исследований получены аналитические формулы определения внутренних усилий в элементах металлического пролетного строения с ездой на балласте, изгибаемых в двух плоскостях в условиях стесненного кручения. Предложенный подход учитывает пространственную жесткость пролетного строения, переменный по длине эксцентриситет пути, разную толщину

балласта под концами шпал, а также величину скорости движения поездной нагрузки.

Результаты представленных в статье исследований использованы при разработке Ру-

ководства по определению грузоподъемности металлических пролетных строений железнодорожных мостов, которое утверждено в 2021 г. [14].

Список источников

1. Бокарев С. А., Засухин И. В. О необходимости совершенствования метода классификации по грузоподъемности металлических железнодорожных пролетных строений с балластным корытом, включенным в работу с главными балками // Транспорт: наука, образование, производство : сборник научных трудов. Ростов н/Д : Ростовский государственный университет путей сообщения, 2019. С. 33–36.
2. СП 16.13330.2011. Стальные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-23-81*. М. : Минрегион России, 2010. 178 с.
3. Власов В. З. Тонкостенные упругие стержни. М. : Физматгиз, 1959. 574 с.
4. Гуркова М. А. Кручение тонкостенного стержня открытого и замкнутого профиля и автоматизация процесса расчета : диссертация ... кандидата технических наук / Гуркова Маргарита Александровна. М., 2000. 168 с.
5. Платонов А. С. Распределение нагрузки от подвижного состава на плиту проезжей части стальных железнодорожных пролетных строений с ездой поверху : сборник трудов ЦНИИС. М. : Транспорт, 1979. Вып. 110. С. 17–29.
6. Потапкин А. А. Проектирование стальных мостов с учетом пластических деформаций. М. : Транспорт, 1984. 200 с.
7. Рыбаков В. А. Методы решения научно-технических задач в строительстве. Численные методы расчета тонкостенных стержней : учебное пособие. СПб. : Издательство Политехнического университета, 2013. 167 с.
8. Сливкер В. И. Строительная механика. Вариационные основы : учебное пособие. М. : Издательство АСВ, 2005. 736 с.
9. Уманский А. А. Изгиб и кручение тонкостенных авиационных конструкций. М. : Оборониздат, 1939. 112 с.
10. Соловьев Л. Ю., Засухин И. В. Учет пространственной работы сталежелезобетонного железнодорожного пролетного строения при расположении пути в кривой // Политранспортные системы : материалы IX Международной научно-технической конференции по направлению «Научные проблемы реализации транспортных проектов в Сибири и на Дальнем Востоке». Новосибирск : Издательство Сибирского государственного университета путей сообщения, 2017. С. 60–66.
11. СП 35.13330.2011. Мосты и трубы. Актуализированная редакция СНиП 2.05.03-84*. М. : Минрегион России, 2011. 346 с.
12. Усилия в элементах металлических пролетных строений с ортотропным балластным корытом / И. В. Засухин, А. М. Усольцев, К. О. Жунев, К. В. Кобелев // Путь и путевое хозяйство. 2022. № 4. С. 20–22.
13. Руководство по определению грузоподъемности металлических пролетных строений железнодорожных мостов. М. : Транспорт, 1989. 276 с.
14. Руководство по определению грузоподъемности металлических пролетных строений железнодорожных мостов : утверждено распоряжением ОАО «РЖД» от 10.02.2021 № 249р. М., 2021. 399 с.

References

1. Bokarev S. A., Zasukhin I. V. On the need to improve the method of classification according to the carrying capacity of metal railway superstructures with a ballast deck included in the work with the main beams. *Transport: science, education, production: collection of scientific papers*. Rostov-on-Don: Rostov State Transport University; 2019. P. 33–36. (In Russ.).
2. SP 16.13330.2011. Steel structures. Updated edition of SNiP II-23-81*. M.: Ministry of Regional Development of Russia; 2010. 178 p. (In Russ.).
3. Vlasov V. Z. Thin-walled elastic rods. M.: Fizmatgiz; 1959. 574 p. (In Russ.).
4. Gurkova M. A. Torsion of a thin-walled rod of an open and closed profile and automation of the calculation process: dissertation ... of the Candidate of Engineering / Gurkova Margarita Alexandrovna. M.; 2000. 168 p. (In Russ.).

5. Platonov A. S. Distribution of the load from the rolling stock on the slab of the carriageway of steel railway superstructures with a ride on top: collection of papers of TsNIIS. M.: Transport; 1979. Iss. 110. P. 17–29. (In Russ.).
6. Potapkin A. A. Design of steel bridges considering plastic deformations. M.: Transport; 1984. 200 p. (In Russ.).
7. Rybakov V. A. Methods for solving scientific and technical problems in construction. Numerical methods for calculating thin-walled rods: tutorial. St. Petersburg: Publishing House of the Politechnic University; 2013. 167 p. (In Russ.).
8. Slivker V. I. Structural mechanics. Variation bases: tutorial. M.: ASV; 2005. 736 p. (In Russ.).
9. Umansky A. A. Bending and torsion of thin-walled aircraft structures. M.: Oboronizdat; 1939. 112 p. (In Russ.).
10. Solovyov L. Yu., Zasukhin I. V. Accounting for the spatial work of a steel-reinforced concrete railway span when the track is located in a curve. *Polytransport systems: materials of the IX Intern. scientific-practical conf. in the direction Scientific problems of the implementation of transport projects in Siberia and the Far East*. Novosibirsk: Siberian Transport University; 2017. P. 60–66. (In Russ.).
11. SP 16.13330.2011. Bridges and pipes. Updated edition of SNiP 2.05.03-84*. M.: Ministry of Regional Development of Russia; 2011. 346 p. (In Russ.).
12. Zasukhin I. V., Usoltsev A. M., Zhunev K. O., Kobelev K. V. Determination of forces in the elements of metal superstructures with an orthotropic ballast bed plates in curved sections. *Railway Track and Facilities*. 2022;(4):20–22. (In Russ.).
13. Guidelines for the load capacity group of metal span railway bridges. M.: Transport; 1989. 276 p. (In Russ.).
14. Guidelines for the load capacity group of metal span railway bridges: approved by order of Russian Railways on February 10, 2021 No. 250r. M.; 2021. 399 p. (In Russ.).

Информация об авторах

И. В. Засухин – инженер-технолог первой категории СибНИИ мостов Сибирского государственного университета путей сообщения.

Л. Ю. Соловьев – доцент кафедры «Мосты» Сибирского государственного университета путей сообщения, кандидат технических наук.

Information about the authors

I. V. Zasukhin – Engineer Technologist of the 1st Category of the Siberian Research Institute of Bridges of the Siberian Transport University.

L. Yu. Solovyov – Associate Professor of the Bridge Department, Siberian Transport University, Candidate of Engineering.

Статья поступила в редакцию 16.04.2022; одобрена после рецензирования 11.05.2022; принята к публикации 20.06.2022.

The article was submitted 16.04.2022; approved after reviewing 11.05.2022; accepted for publication 20.06.2022.

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

Научная статья
УДК 624.121.537+624.131.7
doi 10.52170/1815-9265_2022_62_57

К методике расчета несущей способности двухслойных оснований

Максим Витальевич Шохирев

Сибирский государственный университет путей сообщения, Новосибирск, Россия, 170596maxim@gmail.com

Аннотация. В основаниях проектируемых сооружений нередко имеет место наличие слабого подстилающего слоя, который снижает их несущую способность. Этот случай рассмотрен в нормативной литературе при определении расчетного сопротивления грунта. Указания по оценке несущей способности основания со слабым подстилающим слоем отсутствуют. Также для данной схемы нет и строгого решения теории предельного равновесия грунтов.

В статье приводятся сведения о предыдущих исследованиях, в которых был разработан алгоритм расчета несущей способности двухслойного основания методом логарифмической спирали. Далее на основе этого алгоритма была написана и запатентована программа для автоматизированного расчета. Однако метод логарифмической спирали дает завышенные значения предельного давления. Поэтому цель статьи – определить поправочный коэффициент для получения достоверного результата несущей способности двухслойного основания. Результат решения этой задачи также представлен в настоящей статье.

Основываясь на том, что несущая способность двухслойного основания находится в диапазоне между несущей способностью однородного основания из крепкого и слабого грунтов, была получена формула для ее определения с поправочным коэффициентом. Сам поправочный коэффициент изменяется от 0 до 1 и зависит от глубины заложения слабого слоя. Определено понятие глубины влияния слабого подстилающего слоя, при которой слабый слой перестает влиять на несущую способность основания. Соответственно при данной глубине поправочный коэффициент будет равен единице.

С помощью написанной программы определяется глубина влияния слабого слоя. И по полученной формуле рассчитывается поправочный коэффициент при глубине заложения от 0 до глубины влияния слабого слоя с шагом 0,1 м. Далее по этим данным строится график зависимости поправочного коэффициента от глубины заложения подстилающего слоя. Имея данный график и значения несущей способности однородных оснований для крепкого и слабого грунтов, рассчитанных по СП 22.13330, может быть рассчитана несущая способность основания со слабым подстилающим слоем при любой глубине его заложения.

Ключевые слова: несущая способность, грунт, основание, подстилающий слой, логарифмическая спираль

Для цитирования: Шохирев М. В. К методике расчета несущей способности двухслойных оснований // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. 2022. № 3 (62). С. 57–66. DOI 10.52170/1815-9265_2022_62_57.

BUILDING AND ARCHITECTURE

Original article

Additions to the method of calculating the load-bearing capacity of two-layer foundations

Maxim V. Shokhirev

Siberian Transport University, Novosibirsk, Russia, 170596maxim@gmail.com

Abstract. There is often a weak underlying layer in the foundations of the designed structures. Such a layer reduces the bearing capacity of the foundation. This case is considered in the normative literature when determining the calculated resistance of the soil. There are no instructions for assessing the bearing capacity of a foundation with a weak underlying layer. Also, there is no strict solution to the theory of the ultimate equilibrium of soils for this scheme.

The article provides information about previous studies in which an algorithm has been developed to calculate the bearing capacity of a two-layer base using the logarithmic spiral method. Then, based on this algorithm, a program was written and patented for automated calculation. However, the logarithmic spiral method gives inflated values of the limiting pressure. Therefore, the purpose of this article is to determine the correction factor to obtain

a reliable result of the bearing capacity of a two-layer foundation. The result of solving this problem is presented in this article.

Based on the fact that the bearing capacity of a two-layer base is in the range between the bearing capacity of a homogeneous base of strong and weak soils, a formula with a correction coefficient for its determination is obtained. The correction factor varies from 0 to 1 and depends on the depth of the weak layer. The concept of the depth of influence of a weak underlying layer is defined, at which a weak layer ceases to affect the bearing capacity of the foundation. Accordingly, at this depth, the correction factor will be equal to 1.

With the help of the written program, the depth of the influence of the weak layer is determined. And according to the obtained formula, the correction factor is calculated at the depth of the laying from 0 to the depth of the influence of the weak layer in increments of 0,1 m. Then, based on these data, a graph of the dependence of the correction factor on the depth of the underlying layer is plotted. Having this graph and the values of the bearing capacity of homogeneous foundations for strong and weak soils calculated according to SP 22.13330, the bearing capacity of a foundation with a weak underlying layer can be calculated at any depth of its laying.

Keywords: bearing capacity, soil, foundation, underlying layer, logarithmic spiral

For citation: Shokhirev M. V. Additions to the method of calculating the load-bearing capacity of two-layer foundations. *The Siberian Transport University Bulletin*. 2022;(62):57–66. (In Russ.). DOI 10.52170/1815-9265_2022_62_57.

Введение

В данной статье продолжено изложение вопроса о несущей способности двухслойных оснований [1, 2]. При строительстве зданий и сооружений нередко встречаются неоднородные основания. Попадая в зону силового влияния фундаментов, слои грунтов с различными прочностными характеристиками оказывают существенное влияние на несущую способность основания. Одна из характерных расчетных схем – это основание со слабым подстилающим слоем. Очевидно, что слабый подстилающий слой будет снижать несущую способность основания. Также можно предположить, что влияние слабого подстилающего слоя будет определяться как глубиной его заложения, так и величиной прочностных характеристик φ – угла внутреннего трения и c – удельного сцепления. Для этой схемы в СП 22.13330 «Основания зданий и сооружений» и в нормативной литературе [3, 4] дается оценка прочности основания по величине расчетного сопротивления грунта. Однако данный критерий определяет область применения линейного расчета осадки основания.

Оценку несущей способности оснований для фундаментов мелкого заложения необходимо проводить согласно нормам [3, 4] в следующих случаях:

- на основание передаются значительные горизонтальные нагрузки (подпорные стены, фундаменты распорных конструкций, углубление подвалов реконструируемых сооружений и т. п.), в том числе сейсмические;
- сооружение расположено на откосе или вблизи откоса;

- сооружение расположено вблизи котлована или подземной выработки;
- основание сложено дисперсными грунтами;
- основание сложено скальными грунтами;
- сооружение относится к геотехнической категории 3;
- увеличивается нагрузка на основание при реконструкции сооружений.

Но в СП 22.13330 представлен расчет несущей способности только для однородного основания, базирующийся на решениях теории предельного равновесия грунтов [5–8]. Аналога такого строгого решения для более сложных случаев, при наличии хотя бы двух слоев, нет. В пункте 5.7.7 указанного СП написано: «Расчет оснований по несущей способности в общем случае следует выполнять методами теории предельного равновесия, основанными на поиске наиболее опасной поверхности скольжения и обеспечивающими равенство сдвигающих и удерживающих сил. Возможные поверхности скольжения, отделяющие сдвигаемый массив грунта от неподвижного, могут быть приняты круглоцилиндрическими, ломаными, в виде логарифмической спирали и другой формы». Для круглоцилиндрических поверхностей представлено решение в работах А. Бишопа [9], А. Бэллы [10].

В статье [1] нами был рассмотрен и описан с помощью формул расчет несущей способности двухслойного основания методом логарифмической спирали. Линии скольжения в форме логарифмической спирали широко используются для приближенной оценки устойчивости грун-

товых массивов, а также в строгом кинематическом методе теории предельного равновесия [11]. Расчетная схема из статьи [1] приведена на рис. 1.

Для реализации решения по этой схеме необходимо осуществить поиск наиболее опасной линии скольжения. Поэтому в статье [2] изложен разработанный алгоритм поиска наиболее опасной линии скольжения, на основе которого написана и запатентована программа расчета несущей способности двухслойного основания методом логарифмической спирали. Один из случаев поиска, прописанный в программе, представлен на рис. 2.

Суть алгоритма заключается в пошаговом перемещении центра логарифмической спирали и поиске минимального значения несущей способности. Программа просчитывает все возможные варианты и выдает результат с самой опасной линией скольжения и соответствующей ей несущей способностью двухслойного основания.

Однако, как показывает результат сравнения данного метода, при расчете однородного основания, с методом расчета, приведенным в СП 22.13330 «Основания зданий и сооружений», метод логарифмической спирали дает завышенный результат несущей способности основания.

Поэтому цель настоящего исследования – определить поправочный коэффициент для получения достоверного результата несущей способности двухслойного основания.

Материалы и методы исследования

Рассмотрим два грунта со следующими прочностными характеристиками:

– грунт 1:

$$\gamma_1 = 20 \text{ кН/м}^3,$$

$$c_1 = 12 \text{ кПа},$$

$$\varphi_1 = 30^\circ;$$

– грунт 2:

$$\gamma_2 = 18 \text{ кН/м}^3,$$

$$c_2 = 24 \text{ кПа},$$

$$\varphi_2 = 20^\circ.$$

Выполним расчет однородного основания по несущей способности для грунта 1 и грунта 2 по СП 22.13330.2016 (п. 5.7.11):

$$N_u = b' l' (N_\gamma \varepsilon_\gamma b' \gamma_l + N_q \varepsilon_q \gamma_l' d + N_c \varepsilon_c c_l). \quad (1)$$

В нашем случае фундаментом будет являться штамп шириной $b = 0,5$ м и длиной $l = 1,0$ м, соответственно $d = 0,0$ м (глубина заложения фундамента).

Несущая способность грунта 1:

$$N_{u1} = 0,5 \cdot 1 (12,39 \cdot 0,875 \cdot 0,5 \cdot 20 + 30,14 \cdot 1,15 \cdot 12) = 262,17 \text{ кН}.$$

Несущая способность грунта 2:

$$N_{u2} = 0,5 \cdot 1 (2,88 \cdot 0,875 \cdot 0,5 \cdot 18 + 14,84 \cdot 1,15 \cdot 24) = 216,13 \text{ кН};$$

$$N_{u1} > N_{u2}.$$

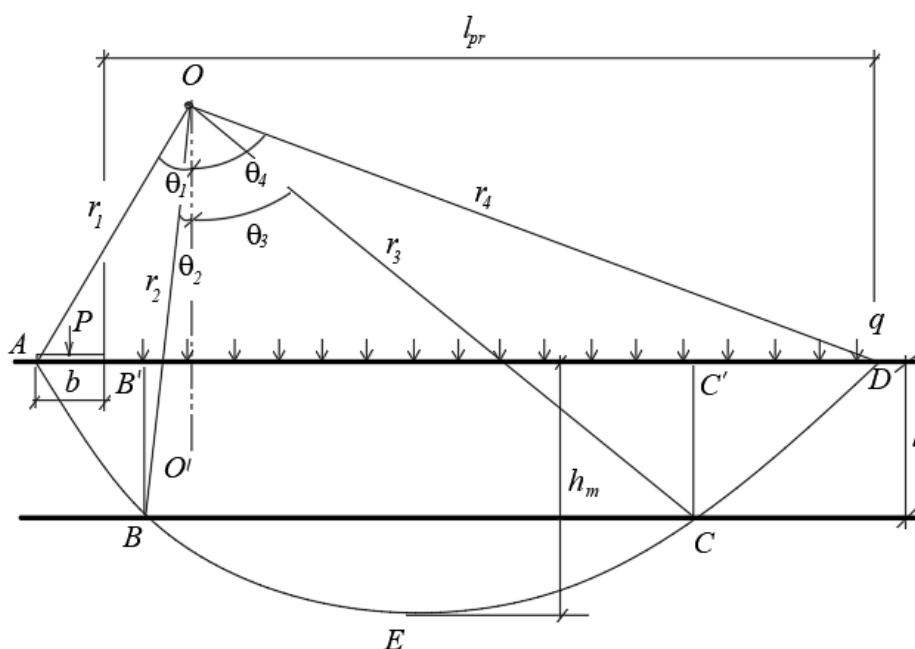


Рис. 1. Расчетная схема метода логарифмической спирали для двухслойного основания

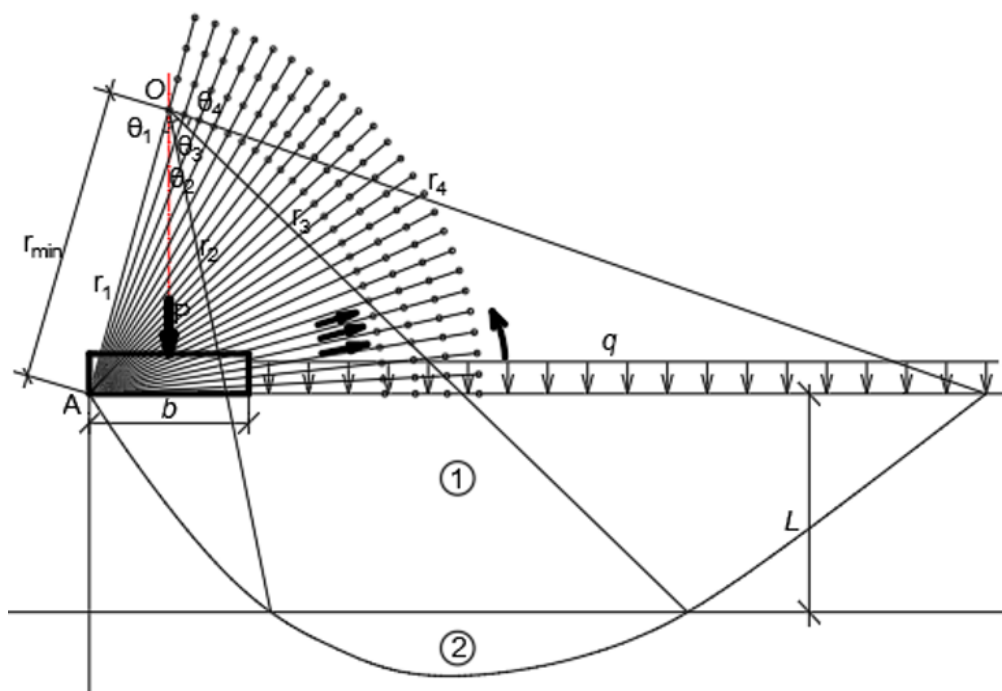


Рис. 2. Определение положения наиболее опасной линии скольжения, проходящей через подстилающий слой

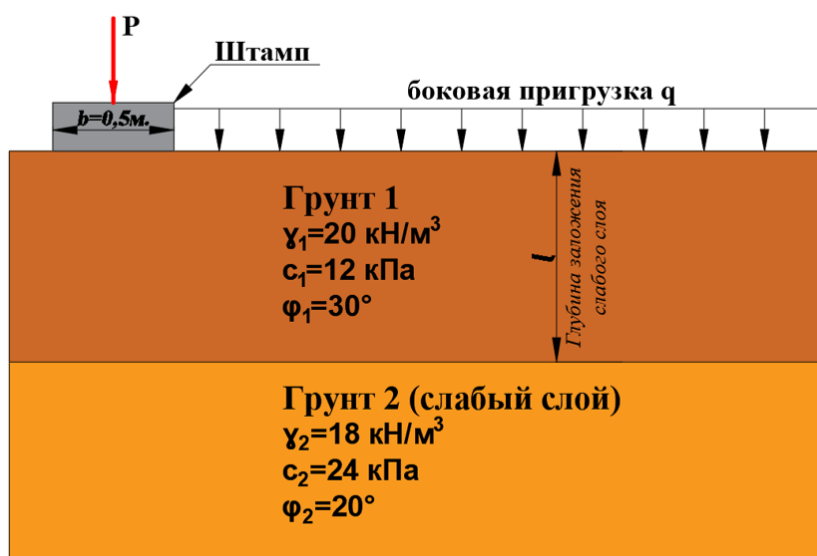


Рис. 3. Двухслойное основание со слабым подстилающим слоем

Теперь рассмотрим модель двухслойного основания со слабым подстилающим слоем (рис. 3). Поскольку $N_{u1} > N_{u2}$, в качестве несущего слоя выступит грунт 1, а в качестве слабого подстилающего – грунт 2.

Логично предположить, что несущая способность такого основания будет варьироваться в пределах от N_{u2} до N_{u1} в зависимости от глубины заложения слабого подстилающего слоя, следовательно при определенной

глубине слабый слой перестанет оказывать влияние и несущая способность такого основания будет равна N_{u1} . Обозначим данную глубину влияния слабого подстилающего слоя как $l_{вл}$. График зависимости несущей способности основания N_{ui} от глубины заложения подстилающего слоя l_i показан на рис. 4.

Получаем формулу для определения несущей способности двухслойного основания при глубине заложения l_i в пределах от 0 до $l_{вл}$:

$N_{ui} = N_{u2} + k(N_{u1} - N_{u2}),$ (2)
 где k – поправочный коэффициент, изменяющийся от 0 до 1 в зависимости от l_i .

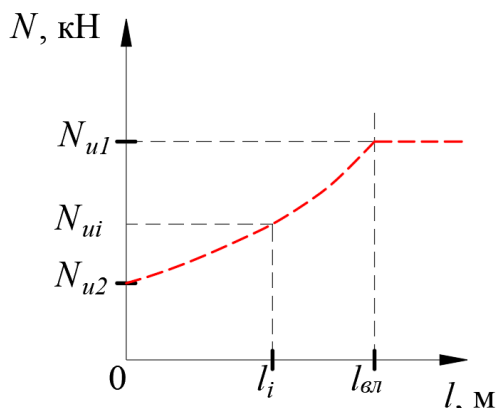


Рис. 4. График зависимости несущей способности основания N_{ui} от глубины заложения подстилающего слоя l_i

Таким образом, для определения несущей способности двухслойного основания необходимо определить $l_{вл}$ и зависимость k от l_i . Для этого воспользуемся разработанной ранее программой расчета несущей способности двухслойного основания методом логарифмической спирали [2]. Данная программа дает повышенное значение предельной нагрузки, од-

нако с ее помощью можно определить глубину влияния, на которой слабый подстилающий слой перестает влиять на несущую способность основания, а также построить график зависимости k от l_i . Коэффициент k в данном случае можно вычислить по формуле (2), подставив вместо значений N_{u1}, N_{u2} , установленных по СП 22.13330.2016, значения P_{u1}, P_{u2} , рассчитанные при помощи программы методом логарифмической спирали:

$$k = \frac{P_{ui} - P_{u2}}{P_{u1} - P_{u2}}. \quad (3)$$

Программный расчет при заданных характеристиках грунтов дал следующие результаты:

$$P_{u1} = 335,27 \text{ кН}; P_{u2} = 230,37 \text{ кН}.$$

Далее, постепенно увеличивая мощность несущего слоя (глубину заложения слабого слоя), находим такое значение L , при котором линия скольжения перестает пересекать границу слоев и проходит только в несущем слое. Последние два шага поиска изображены на рис. 5, 6. На рис. 5 при $L = 0,8$ м линия скольжения пересекает границу слоев, а на рис. 6 при $L = 0,91$ м линия скольжения проходит в несущем слое, следовательно, искомая $l_{вл}$ будет равна 0,91 м.

Исходные данные			
$b = 0.5$ м.	- ширина штампа (фундамента)		
$q = 0$ кН/м.	- боковая пригрузка		
Характеристики несущего слоя грунта		Характеристики подстилающего слоя грунта	
$\gamma_1 = 20$ кН/м ³	- удельный вес грунта	$\gamma_2 = 18$ кН/м ³	- удельный вес грунта
$c_1 = 12$ кПа.	- удельное сцепление грунта	$c_2 = 24$ кПа.	- удельное сцепление грунта
$\phi_1 = 30$ ° (град.)	- угол внутреннего трения	$\phi_2 = 20$ ° (град.)	- угол внутреннего трения
$L = 0.80$ м.	- мощность несущего слоя		
Рассчитать			
Результат			
Параметры линии скольжения:			
Линия скольжения проходит в несущем слое		Линия скольжения пересекает границу слоев	
$r_1 =$ м.	$\theta_1 =$ ° (град.)	$r_1 = 0.659$ м.	$\theta_1 = -54$ ° (град.)
$r_2 =$ м.	$\theta_2 =$ ° (град.)	$r_2 = 1.191$ м.	$\theta_2 = 4.776$ ° (град.)
		$r_3 = 1.437$ м.	$\theta_3 = 34.297$ ° (град.)
		$r_4 = 2.283$ м.	$\theta_4 = 80.233$ ° (град.)
$L_{pr} = 2.283$ м.	- длина зоны выпора		
$H_m = 0.846$ м.	- максимальная глубина зоны выпора		
$P_u = 314.788$ кН.	- предельная нагрузка		

Рис. 5. Программный расчет 1

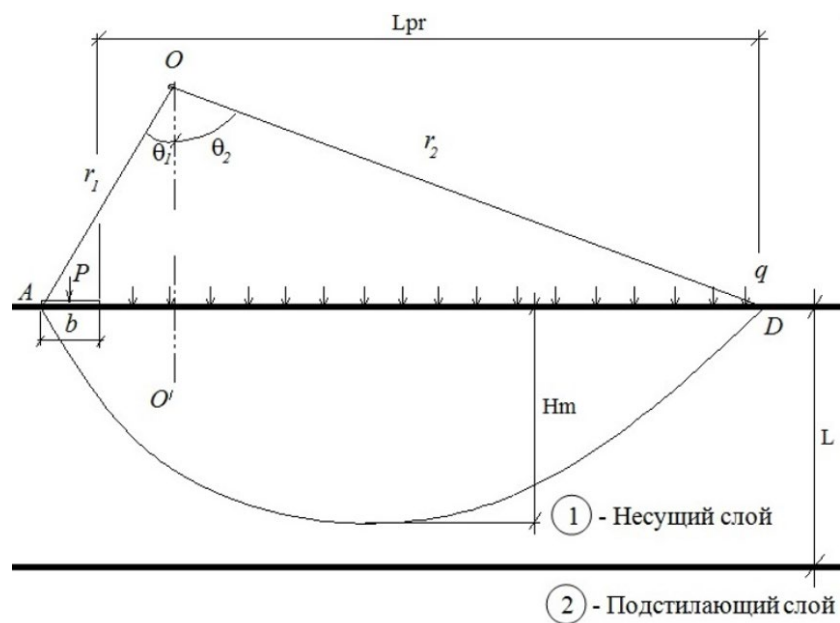


Рис. 8. Схема разрушения основания 2

Расчет поправочного коэффициента k при различной глубине заложения подстилающего слоя l_i

l_i , м	P_{ui} , кН	k
0	230,37	0
0,1	237,16	0,0647
0,2	244,55	0,1352
0,3	252,27	0,2088
0,4	260,74	0,2895
0,5	270,72	0,3847
0,6	281,96	0,4918
0,7	296,19	0,6275
0,8	314,79	0,8047
0,91	335,27	1

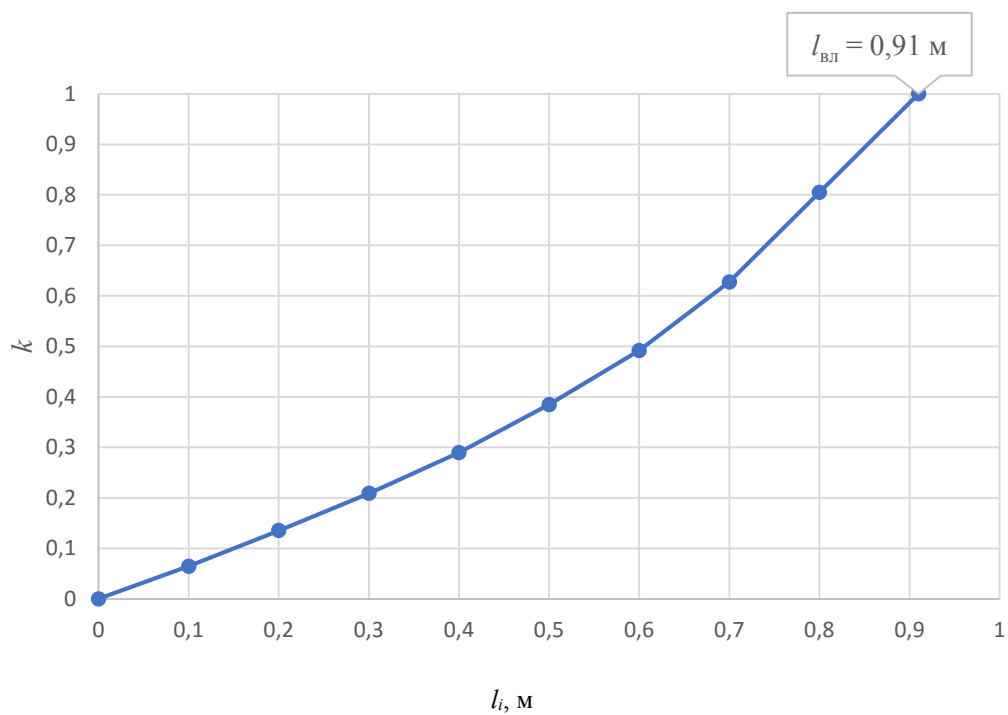


Рис. 9. График зависимости коэффициента k от l_i

Результаты исследования

На основе полученных значений (таблица) построим график зависимости k от l_i (рис. 9).

Далее, меняя значение φ_2 с шагом 5° , проводим расчеты и получаем графики зависимости коэффициента k от глубины заложения подстилающего слоя при различных значениях угла внутреннего трения подстилающего слоя φ_2 (рис. 10).

Так же меняя значение c_2 , проводим расчеты и получаем графики зависимости поправочного коэффициента k от глубины заложения

подстилающего слоя при различных значениях удельного сцепления подстилающего слоя c_2 (рис. 11).

Выводы

По результатам проведенного исследования можно сделать следующие выводы:

1. Была получена зависимость поправочного коэффициента от глубины заложения подстилающего слоя. Таким образом, по СП 22.13330 рассчитывается несущая способность однородного основания для грунта 1 и 2, и с помощью формулы (2), а также графика

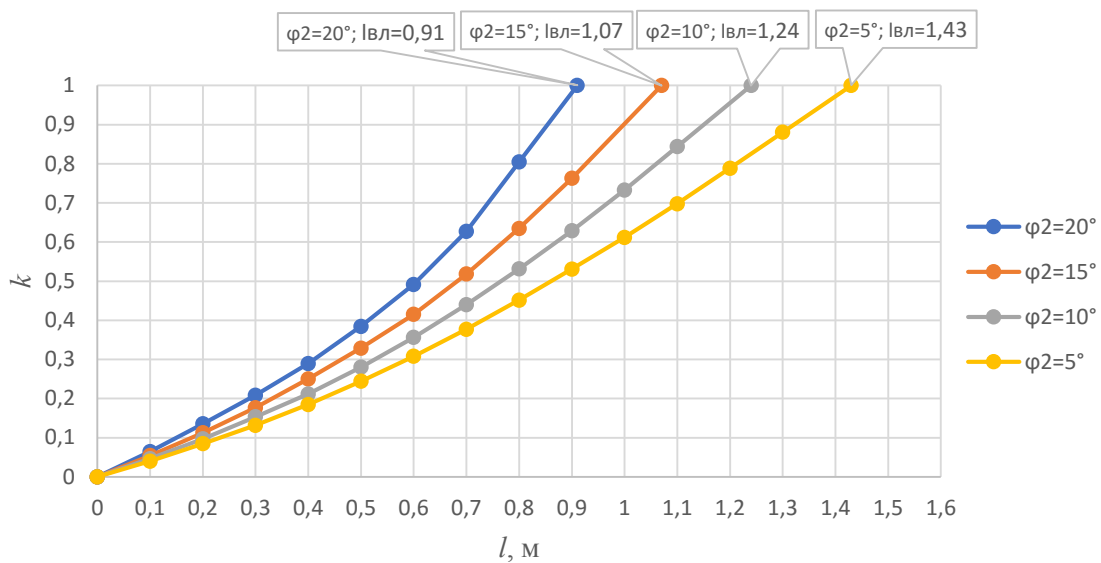


Рис. 10. График зависимости коэффициента k от глубины заложения подстилающего слоя при различных значениях угла внутреннего трения φ_2

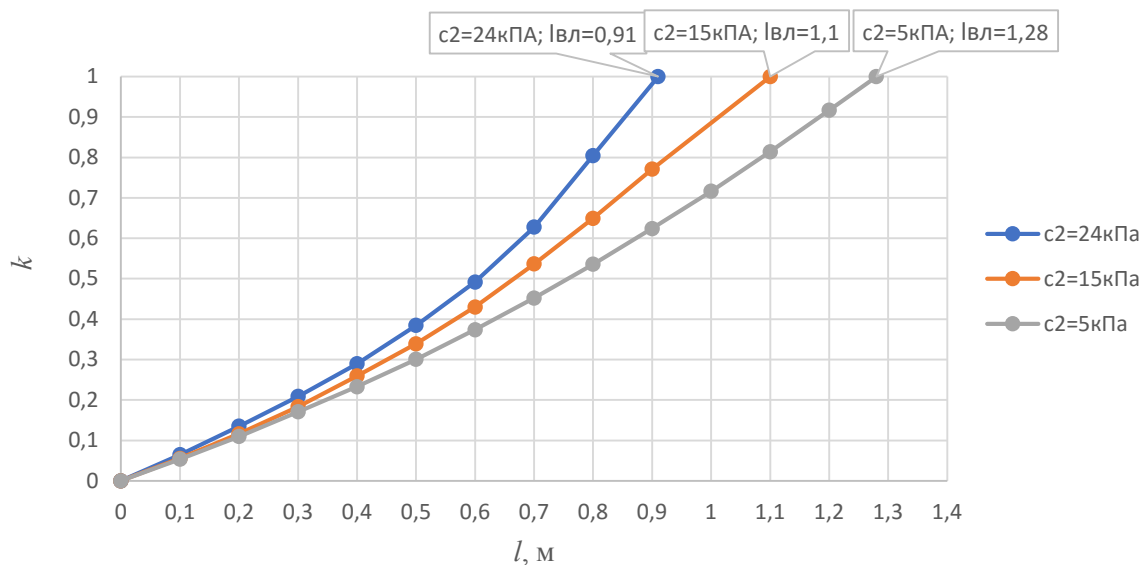


Рис. 11. График зависимости коэффициента k от глубины заложения подстилающего слоя при различных значениях удельного сцепления c_2

зависимости поправочного коэффициента k от l_i (полученного при помощи программы), определяется несущая способность основания со слабым подстилающим слоем при любой глубине его заложения.

2. На графиках, изображенных на рис. 10 и 11, видно, что чем меньше значения прочност-

ных характеристик подстилающего слоя грунта (φ_2 , c_2), тем более пологим является график зависимости поправочного коэффициента k от глубины заложения подстилающего слоя. Это обусловлено тем, что чем слабее подстилающий слой, тем больше глубина его влияния $l_{вл}$.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Караулов А. М., Королев К. В., Шохирев М. В. Оценка несущей способности двухслойных грунтовых оснований // Известия вузов. Строительство. 2020. № 11. С. 18–27.
2. Шохирев М. В. Метод определения несущей способности двухслойного основания // Фундаменты глубокого заложения и проблемы геотехники территорий : материалы II Всероссийской конференции с международным участием. Пермь : Издательство Пермского национального исследовательского политехнического университета, 2021. С. 117–131.
3. СП 22.13330.2016. Основания зданий и сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83* (с Изменениями № 1, 2). М. : Стандартинформ, 2017. 220 с.
4. Справочник геотехника. Основания, фундаменты и подземные сооружения / под общей ред. В. А. Ильичева и Р. А. Мангушева. М. : Издательство АСВ, 2014. 728 с. ; 2016. 1034 с.
5. Соколовский В. В. Статика сыпучей среды. М. : Физматгиз, 1960. 240 с.
6. Строганов А. С. Прочность оснований сооружений // Основания, фундаменты и механика грунтов. 1983. № 3. С. 23–27.
7. Соловьев Ю. И. Несущая способность предельно напряженного основания под ленточным фундаментом // Основания, фундаменты и механика грунтов. 1979. № 4. С. 21–23.
8. Королев К. В. Канонические уравнения статике сыпучей среды при малом влиянии удельного веса грунта и решение задачи Прандтля // Основания, фундаменты и механика грунтов. 2012. № 5. С. 2–6.
9. Bishop A. The use of the slip circle in the stability analysis of slopes // Geotechnique. 1955. Vol. 5, № 1. P. 7–17.
10. Balla A. Bearing capacity of foundation // Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division. 1962. Vol. 88, iss. 5. P. 29–36.
11. Соловьев Ю. И., Караулов А. М., Смолин Ю. П. Современные методы расчета устойчивости земляного полотна железных дорог. Новосибирск : Сибирская государственная академия путей сообщения, 1996. 82 с.

References

1. Karaulov A. M., Korolev K. V., Shohirev M. V. Assessment of the bearing capacity of two-layer soil foundations. *Proceedings of the Higher Educational Institutions. Building*. 2020;(11):18–27. (In Russ.).
2. Shokhirev M. V. Method for determining the bearing capacity of a two-layer foundation. *Foundations of deep laying and problems of geotechnical territories: materials of the II All-Russian Conference with international participation*. Perm: Publishing house of Perm National Research Polytechnic University; 2021. P. 117–131. (In Russ.).
3. Directory geotechnics. Bases, foundations and underground structures / under the general editorship of E. A. Sorochan and Y. G. Trofimenkov. M.: Stroyizdat; 1985. 480 p. (In Russ.).
4. Ilyichev V. A., Mangushev R. A., general editorship. Directory of geotechnical engineering. Bases, foundations and underground structures. M.: Publishing House of the Association of Construction Universities; 2014. 728 p.; 2016. 1034 p. (In Russ.).
5. Sokolovsky V. V. Granular medium statics. M.: Fizmatgiz; 1960. 240 p. (In Russ.).
6. Stroganov A. S. The strength of the foundations of structures. *Bases, foundations and soil mechanics*. 1983;(3):23–27. (In Russ.).
7. Solovyov Yu. I. The bearing capacity of an extremely stressed base under a continuous footing. *Bases, foundations and mechanics of soils*. 1979;(4):21–23. (In Russ.).

8. Korolev K. V. Canonical equations of static granular medium with a small influence of the specific weight of the soil and the solution of the problem Prandtl. *Bases, foundations and mechanics of soils*. 2012;(5):2–6. (In Russ.).
9. Bishop A. The use of the slip circle in the stability analysis of slopes. *Geotechnique*. 1955;5(1):7–17.
10. Balla A. Bearing capacity of foundation. *Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division*. 1962;88(5):29–36.
11. Solovyov Yu. I., Karaulov A. M., Smolin Yu. P. Modern methods of calculating the stability of the earth bed of railways. Novosibirsk: Siberian Transport Academy; 1996. 82 p. (In Russ.).

Информация об авторе

М. В. Шохирев – аспирант кафедры «Геотехника, тоннели и метрополитены» Сибирского государственного университета путей сообщений.

Information about the author

M. V. Shokhirev – Post-graduate Student of the Geotechnics, Tunnels and Subways Department, Siberian Transport University.

Статья поступила в редакцию 27.04.2022; одобрена после рецензирования 16.05.2022; принята к публикации 20.06.2022.

The article was submitted 01.04.2022; approved after reviewing 18.04.2022; accepted for publication 20.06.2022.

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

Научная статья
УДК 624.21.093:625.745.12
doi 10.52170/1815-9265_2022_62_67

Оценка усталостной долговечности ортотропных пролетных строений с использованием программных комплексов

Александр Николаевич Донец^{1✉}, Савелий Викторович Любимов²,
Ольга Африкановна Демина³

^{1,2,3} Сибирский государственный университет путей сообщения, Новосибирск, Россия

¹ donetsan@me.com ✉

² mrstelson1@mail.ru

³ demina-23@yandex.ru

Аннотация. В статье приведены результаты численных экспериментов, целью которых является оценка усталостной долговечности пролетных строений с ортотропной плитой проезжей части автодорожных мостов, выполняемая при помощи расчетных программных комплексов.

Автодорожные мосты с металлическими ортотропными пролетными строениями широко распространены как в нашей стране, так и за рубежом. При этом ортотропная плита является основным несущим элементом проезжей части. Особенностью плиты является использование тонкостенных элементов продольных и поперечных ребер, прикрепленных к листу настила с помощью сварки.

Опыт эксплуатации автодорожных мостов с ортотропными пролетными строениями показывает, что в течение первых 15–20 лет в элементах ортотропной плиты образуются усталостные трещины в продольных и поперечных ребрах, а в некоторых случаях и в листе настила. По этой причине проблема обеспечения усталостной долговечности элементов пролетных строений автодорожных мостов и оценка их ресурса весьма актуальна.

В работе представлены результаты численных экспериментов по оценке усталостной долговечности металлического пролетного строения автодорожного моста через р. Иртыш автодороги Южный обход г. Омска (Р-254), введенном в эксплуатацию в 1995 г. Расчеты выполнены методом конечных элементов. Показаны характерные места возможного появления разрушений усталостного характера.

Ключевые слова: автодорожные мосты, металлические пролетные строения, ортотропная плита, усталостные трещины, накопление повреждений, кривая усталости, численный эксперимент

Для цитирования: Донец А. Н., Любимов С. В., Демина О. А. Оценка усталостной долговечности ортотропных пролетных строений с использованием программных комплексов // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. 2022. № 3 (62). С. 67–79. DOI 10.52170/1815-9265_2022_62_67.

BUILDING AND ARCHITECTURE

Original article

Fatigue durability evaluation of orthotropic deck bridge based on software systems

Alexander N. Donets^{1✉}, Saveliy V. Lubimov², Olga A. Dyomina³

^{1,2,3} Siberian Transport University, Novosibirsk, Russia

¹ donetsan@me.com ✉

² mrstelson1@mail.ru

³ demina-23@yandex.ru

Abstract. This paper has shown the results of numerical experiments based on software systems and aimed at the evaluation of orthotropic deck fatigue durability of motor road bridges.

Motor road bridges with steel orthotropic deck are widely used in our country and abroad. Moreover, the orthotropic deck is the main bearing element of the bridge floor. The structural feature of the orthotropic deck is the use of thin-walled elements of longitudinal and transverse ribs secured with the deck plate by welding.

Best practices in operating of motor road bridges with orthotropic deck show that within the initial period of 10–20 years some fatigue cracks appear in the elements of orthotropic deck namely in the longitudinal and transverse

ribs, and sometimes in deck plate. For this reason, the problem of ensuring the fatigue durability in the superstructure elements of the motor road bridges and the evaluation of their resources is highly relevant.

The paper presents the results of numerical experiments performed for the steel orthotropic bridge deck over the Irtysh River at the motor road of Omsk Southern bypass (R-254), commissioned in 1995. Calculations are carried out by the finite element method. The specific locations of potential fatigue-related damages have been shown.

Keywords: motor road bridges, steel superstructure, orthotropic deck, fatigue cracks, damage accumulation, fatigue curve, numerical experiment

For citation: Donets A. N., Lubimov S. V., Dyomina O. A. Fatigue durability evaluation of orthotropic deck bridge based on software systems. *The Siberian Transport University Bulletin*. 2022;(62):67–79. (In Russ.). DOI 10.52170/1815-9265_2022_62_67.

Введение

СибНИИ мостов СГУПС проводит масштабные работы по освидетельствованию различных искусственных сооружений, в том числе и автодорожных мостов с металлическими пролетными строениями с ортотропными плитами [1, 2].

На ряде объектов зафиксированы усталостные трещины в элементах ортотропной плиты и разрушение асфальтобетонного покрытия на плите проезжей части. Причем оба повреждения взаимосвязаны [3–5], однако определяющими являются повреждения в ортотропной плите. Следует отметить, что данные повреждения проявляются в первые 15–20 лет эксплуатации.

Проблеме оценки остаточного усталостного ресурса металлических пролетных строений автодорожных и железнодорожных мостов посвящены работы известных отечественных исследователей [6–8]. Однако и по сей день задача обеспечения усталостной долговечности элементов пролетных строений автодорожных мостов, оценка их ресурса и определение возможных (расчетных) мест их появления весьма актуальна и представляет определенный практический интерес.

Постановка задачи и решение

Усталость материала – явление, при котором к разрушению приводит многократное изменение напряженного состояния [9]. Характерные дефекты усталостного характера в элементах ортотропной плиты представлены на рис. 1–3.

Количественно усталостный процесс описывается зависимостью между накопленным повреждением и числом циклов или длительностью нагружения по параметру величины циклических напряжений или деформаций. При этом различают мало- и многоцикловую

усталость. Отметим, что последняя характерна для несущих мостовых конструкций. Многоцикловая усталость имеет место при большом числе циклов нагружения (10^4 – 10^9). При этом напряжения, возникающие в материале, обычно намного меньше его предела прочности. Для расчета многоцикловой усталости применяется подход к оценке долговечности по напряжениям – используется кривая усталости.

Предполагаем, что любая прикладываемая нагрузка изменяется во времени либо однократно (действие постоянных нагрузок), либо постоянно (действие временных нагрузок, амплитуда которых непрерывно изменяется).

Рассмотрим случай нагружения с переменной или непостоянной амплитудой, когда отсутствуют постоянные зависимости между компонентами напряжений. Характерные случаи: чередование двух различных историй нагружения; нелинейные граничные условия; сочетание статического нагружения и изменяющейся временной нагрузки от транспортных средств.

Как отмечалось ранее, усталостный процесс количественно характеризуется накопленными повреждениями, характерными для определенного числа циклов, поэтому для расчета накопления повреждений можно воспользоваться правилом Пальмгрена – Майнера, в соответствии с которым каждый цикл со своим средним напряжением и амплитудой «расходует» некоторую долю доступной долговечности (закон линейного суммирования):

$$D_i = \frac{n_i}{N_i},$$

где D_i – доля повреждения, внесенная i -м блоком; n_i – число приложенных циклов i -го блока; N_i – доступная долговечность для i -го блока.



Рис. 1. Усталостная трещина в стенке балки в узле прикрепления ребра жесткости (мост через р. Протоку на 62 + 590 км автодороги А-289)



Рис. 2. Усталостная трещина по сварному шву прикрепления продольного листа к листу настила и в продольном ребре (мост через р. Иртыш (левый) на 813 + 748 км автодороги Р-254)



Рис. 3. Усталостная трещина по сварному шву прикрепления поперечного ребра к нижнему поясу с выходом в стенку и нижний пояс (мост через р. Обь на 52 + 551 км подъездной автодороги к г. Сургуту от автодороги Р-404 Тюмень – Тобольск – Ханты-Мансийск)

Данная формула справедлива для пропорционального нагружения с постоянной амплитудой, но, так как в действительности амплитуда любой временной нагрузки непостоянна или случайна, необходимо использовать тот или иной метод схематизации случайного нагружения. Наиболее универсальными являются метод полных циклов и метод «падающего дождя». Они позволяют дать расчетные оценки долговечности, более сопоставимые с экспериментальными данными, чем остальные [10].

На рис. 4 представлена схема, иллюстрирующая метод «падающего дождя» для разложения непропорционального нагружения на блоки с пропорциональным нагружением.

Для оценки усталостной долговечности было принято металлическое ортотропное пролетное строение мостового перехода через р. Иртыш (левый) на 813 + 748 км автодороги Южный обход г. Омска (Р-254), введенного в эксплуатацию в 1995 г.

Несущая конструкция запроектирована в северном исполнении из сталей марок 10ХСНД и 15ХСНД. Статическая схема – неразрезная пятипролетная балка с подпругами на опорах № 3 и 4. Схема моста (84,0 + 136,5 + 168,0 + 136,5 + 84,0) м. Полная длина пролетного строения составляет 610,4 м.

В поперечном сечении пролетное строение состоит из двух отдельных коробчатых балок, объединенных между собой поверху ортотропной плитой, расположенной с двухскатным поперечным уклоном. Над каждой опорой между коробками установлены сквозные поперечные связи.

Высота коробчатых балок по проекту, включая ортотропную плиту, составляет $(3\,212 \pm 2)$ мм. Ширина коробчатой балки в осях стенок составляет 1 920 мм. По проектным чертежам расстояние между осями коробчатых балок составляет 7 120 мм.

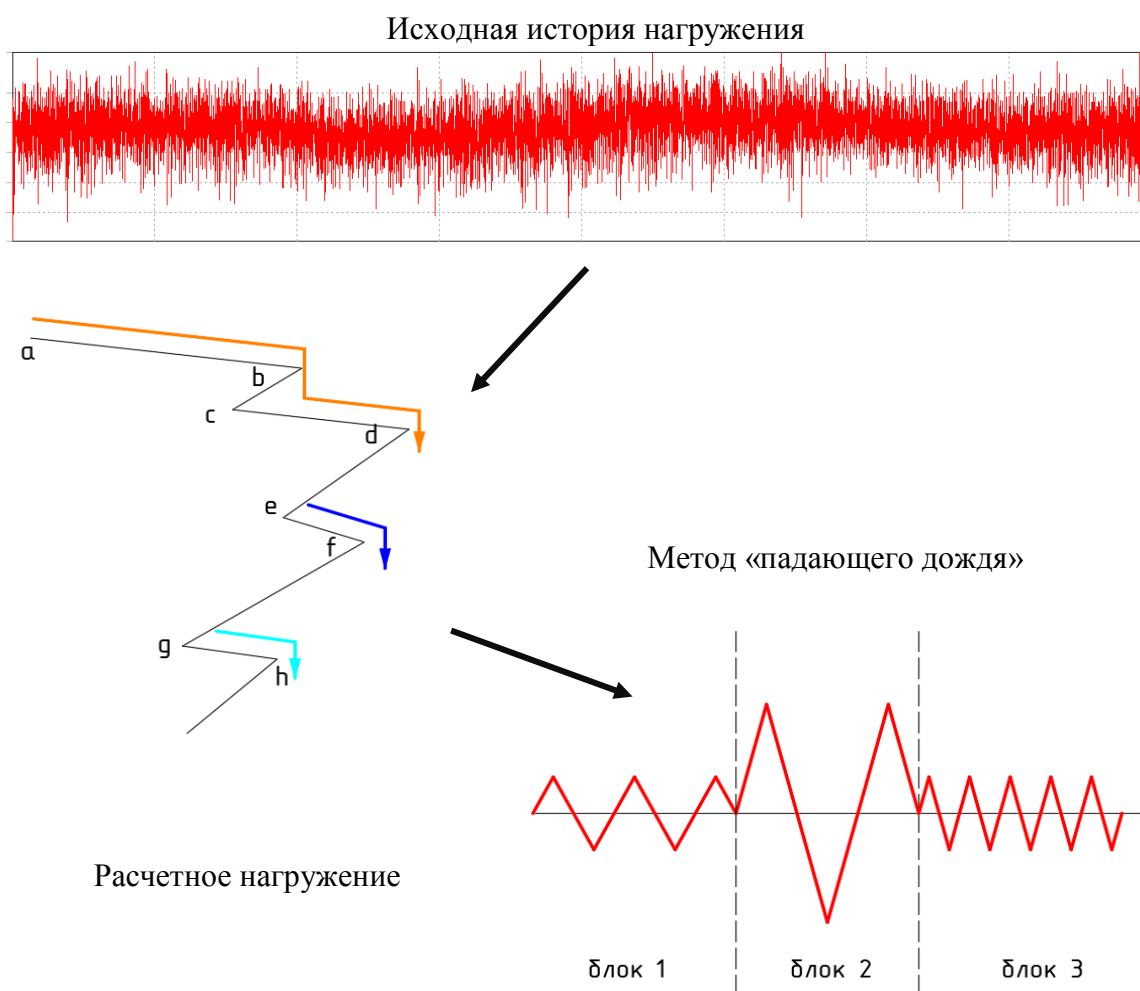


Рис. 4. Метод «падающего дождя»

На внутренних стенках и нижнем поясе коробчатых балок с шагом в пролете 1 750 мм установлены поперечные ребра. Ширина ребер на стенке 200 мм, высота ребер нижней плиты 170–300 мм.

В пролете продольные ребра установлены на внутренних стенках и нижнем поясе коробчатых балок. На каждой стенке установлено по два-три ребра шириной 140 мм, на нижнем поясе установлено два ребра высотой 170 мм.

Ортотропная плита проезжей части состоит из горизонтального листа толщиной 12 мм, продольных ребер и поперечных балок. Полная ширина ортотропной плиты 14 090 мм. Продольные ребра полосовые, высотой 180 мм, расположены с шагом 350 мм по всей длине пролетного строения. Поперечные балки (ребра) по всей ширине ортотропной плиты имеют тавровое сечение с высотой стенки 400–660 мм и шириной полки 240 мм, установлены с шагом 3 500 мм.

Поперечное сечение пролетного строения представлено на рис. 5.

Поскольку для численной оценки усталостной долговечности ортотропных пролетных строений металлических мостов требуются значительные вычислительные ресурсы, расчет производился с использованием нескольких программных комплексов (ПК). В качестве основного программного комплекса использован ПК Ansys в совокупности с ПК nCode DesignLife.

На начальном этапе для построения расчетной модели использовался ПК Autodesk Inventor. Длина рассчитываемого участка пролетного строения была принята равной 17,5 м. Так как в дальнейшем данная модель будет загружаться нагрузкой от самосвала КамАЗ-43118, определены размеры «отпечатков» с учетом распределения давления по толщине ездового полотна (рис. 6). Общий вид модели представлен на рис. 7. Затем данная модель была импортирована в ПК Ansys (рис. 8).

Приняты следующие характеристики для стали марки 15ХСНД:

- плотность $7\,850\text{ кг/м}^3$;
- модуль упругости $E = 2,05 \cdot 10^5\text{ МПа}$;
- коэффициент Пуассона $\nu = 0,3$;
- кривая усталости [11] (рис. 9).

Построение сетки конечных элементов (КЭ) в ПК Ansys выполняется автоматически. Генеральный размер был принят 250 мм, так как при меньших размерах требуются значительные ресурсы. В исследуемых местах размер КЭ был принят 50 мм. Для этого были созданы локальные системы координат (рис. 10), а их центры являлись центрами сфер влияния, внутри которых происходило сгущение сетки. Сферы влияния представлены на рис. 11. Общий вид сетки КЭ и сетки в характерных областях представлен на рис. 12 и 13 соответственно.

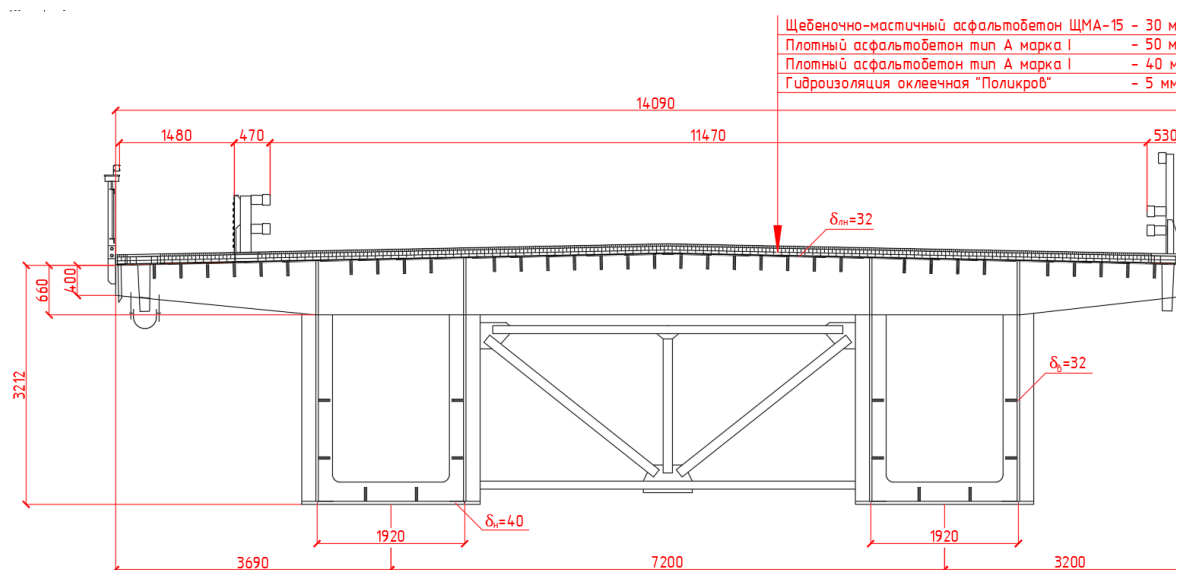


Рис. 5. Поперечное сечение пролетного строения

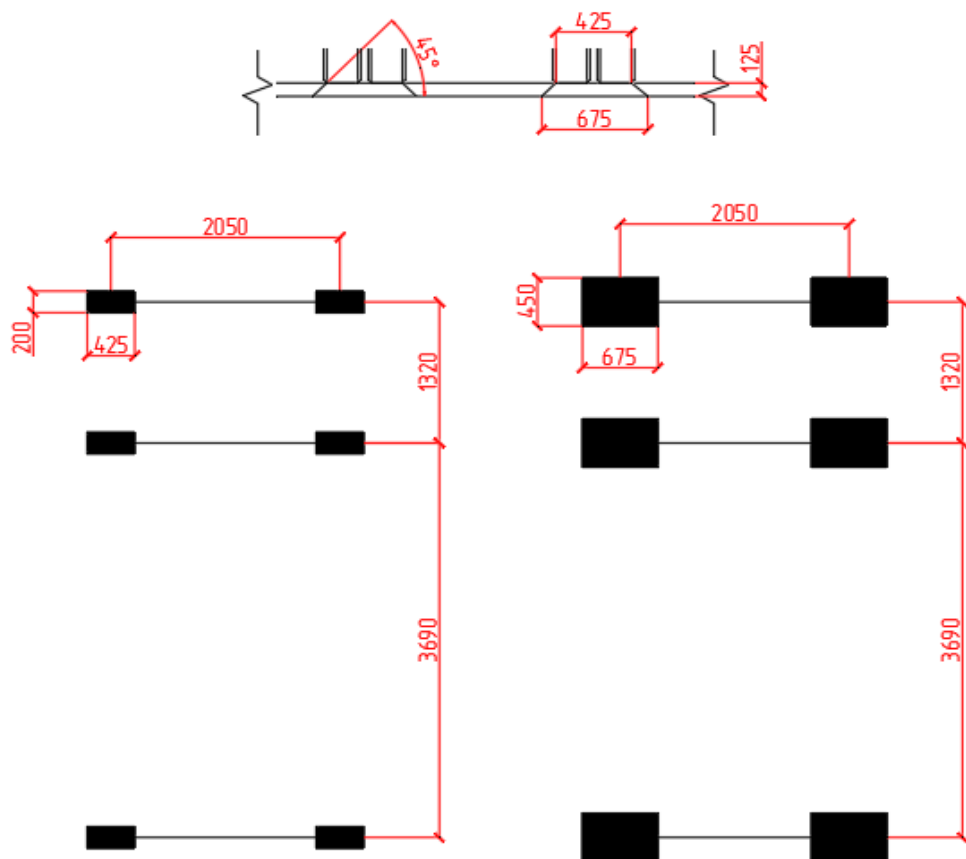


Рис. 6. Распределение давления от колес

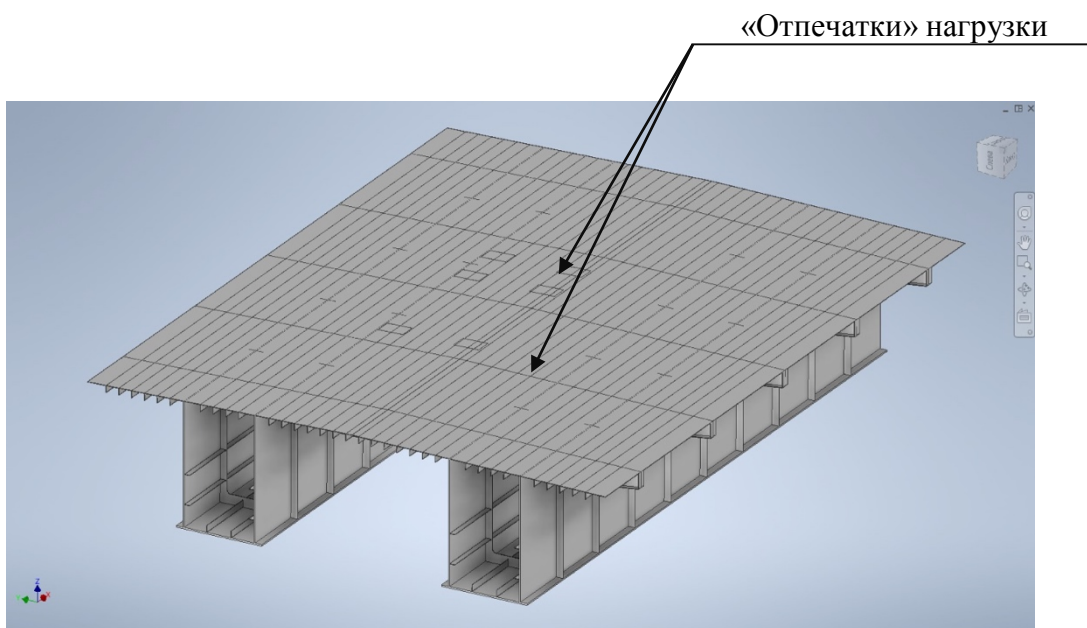


Рис. 7. Общий вид модели пролетного строения длиной 17,5 м

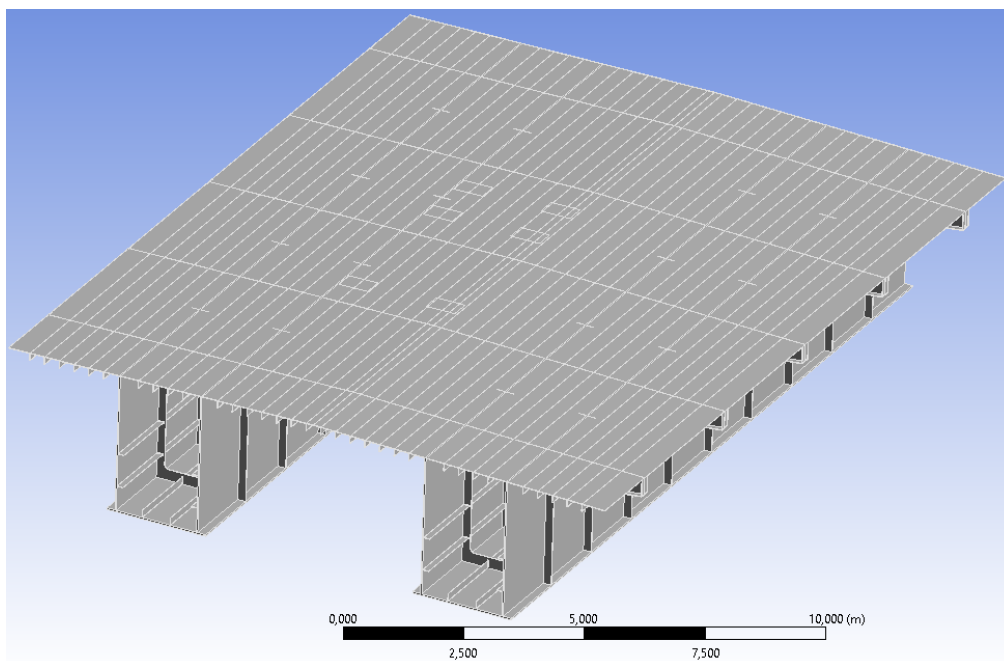


Рис. 8. Общий вид модели пролетного строения в ПК Ansys

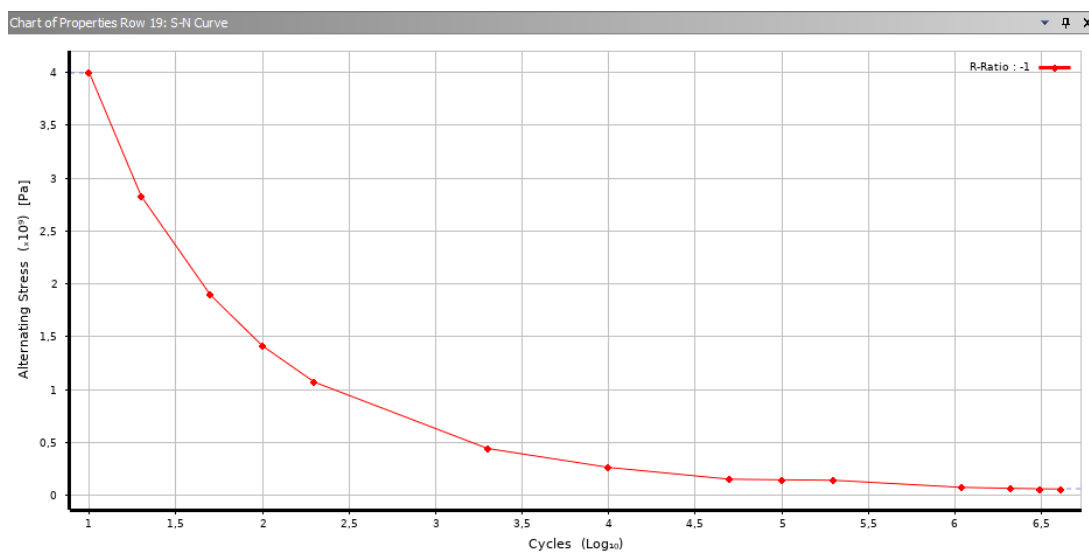


Рис. 9. Кривая усталости стали марки 15ХСНД

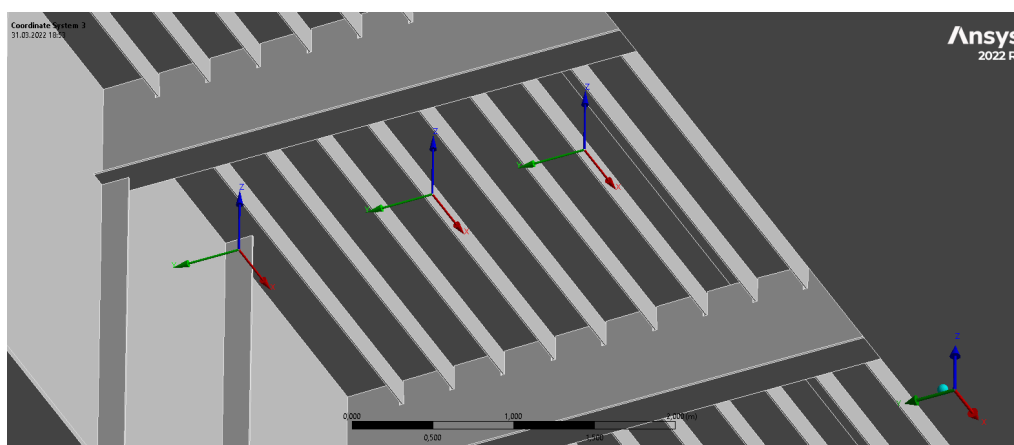


Рис. 10. Локальные системы координат исследуемых мест

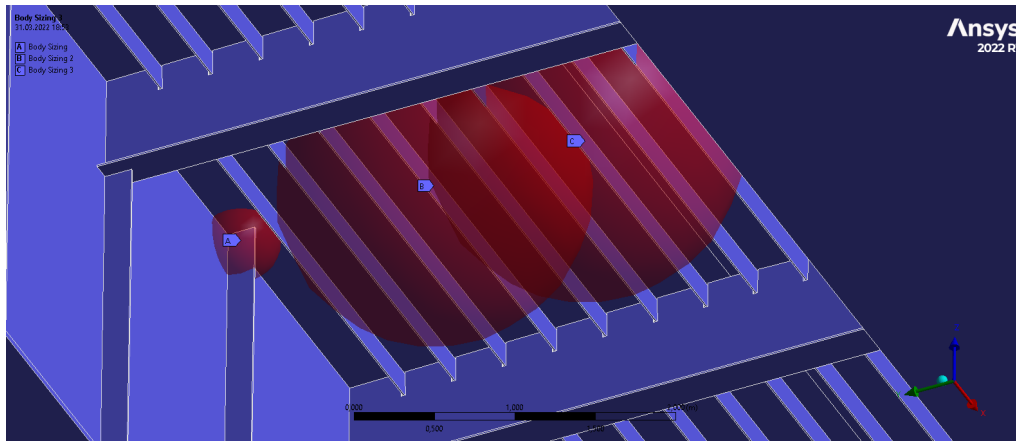


Рис. 11. Сферы влияния

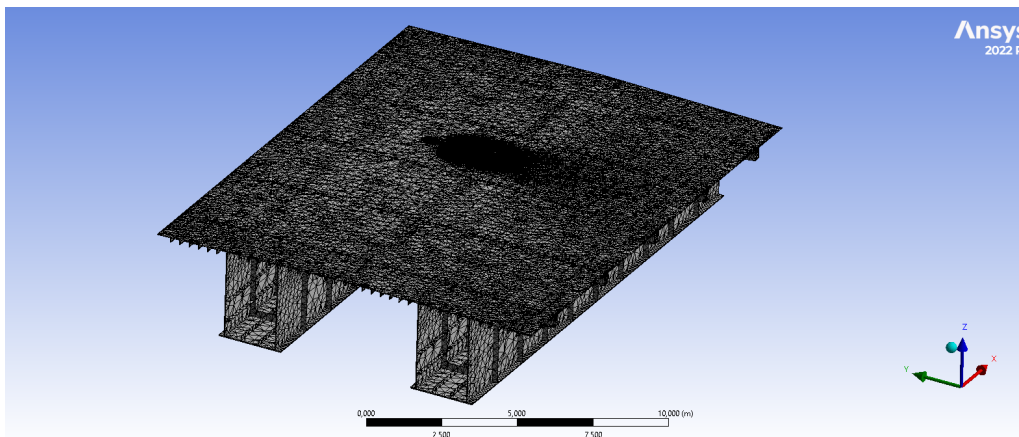


Рис. 12. Общий вид сетки КЭ

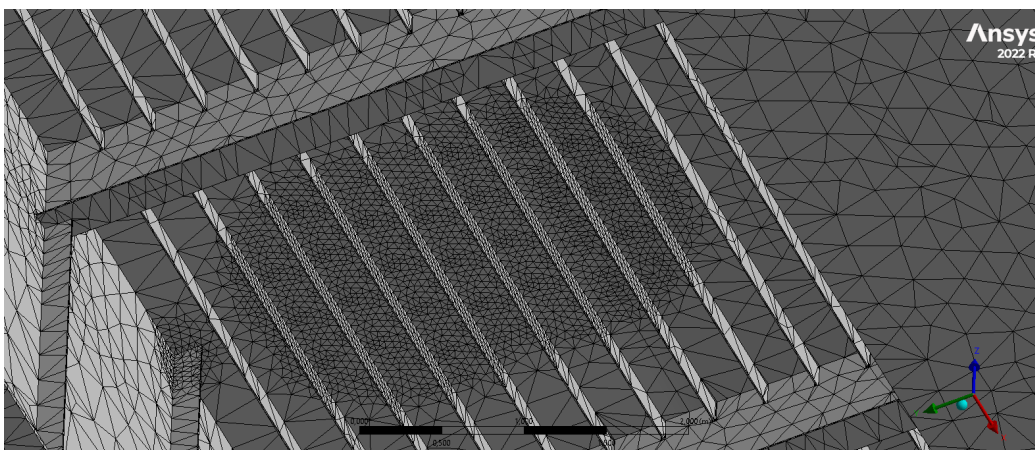


Рис. 13. Сетка КЭ в характерных областях

При задании граничных условий рассмотрены два случая напряженного-деформированного состояния (НДС):

- I НДС при воздействии подвижной нагрузки от автомобиля КамАЗ-43118 общей массой 33,6 т;

- II НДС при воздействии постоянных нагрузок – начальное НДС.

Статическая схема исследуемого (наиболее нагруженного) участка в середине пролета – балка на двух опорах, при этом запрещены линейные перемещения торцов ортотропной

плиты в направлениях Y , X и линейные перемещения граней в направлении Z .

Нагрузки от колес транспортного средства («отпечатки» колес) заданы силами $P_{3,0} = 68,180$ кН и $P_{п,0} = 28,449$ кН для задних и передней оси соответственно. Общий вид модели представлен на рис. 14.

С целью промежуточного контроля работы расчетной модели (оценки характера НДС) используются общие напряжения и деформации, представленные на рис. 15 и 16 соответственно.

Максимальные напряжения составляют 138,42 МПа, максимальные деформации (вертикальные перемещения) – 5,57 мм, эти значения могут соответствовать реальным от постоянных и временной нагрузок.

При моделировании начального НДС с целью определения изгибающего момента от собственного веса был использован ПК Midas Civil. Для этого была построена модель неразрезного пролетного строения из балочных ко-

нечных элементов и загружена собственным весом.

При моделировании II НДС в ПК Ansys расчетная модель была загружена изгибающим моментом $M_y = 97\,059$ кН·м и нагрузкой от веса ездового полотна интенсивностью $p_{еп} = 2,698$ кПа. Общий вид II НДС и напряжения представлены на рис. 17 и 18 соответственно.

Анализ результатов расчетов с использованием двух расчетных комплексов показал, что погрешность в определении напряжений составила около 0,2 %, что свидетельствует о корректности модели, построенной в ПК Ansys.

Так как в модуле Fatigue Tool ПК Ansys невозможно задать историю нагружения, при котором постоянные нагрузки действуют с постоянным значением во времени (II НДС), модель была импортирована в ПК nCode DesignLife. Для импорта использованы статические решения, полученные в ПК Ansys, на основании которых выполнен расчет усталостной долговечности.

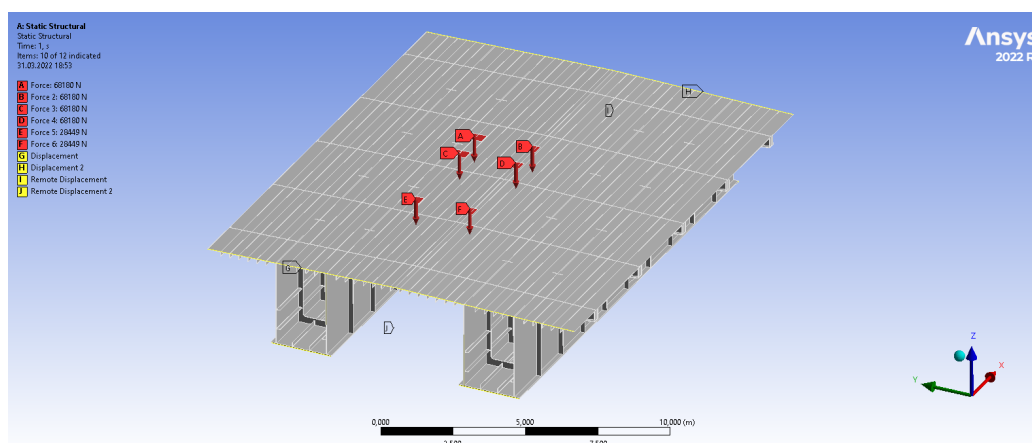


Рис. 14. Общий вид расчетной модели при I НДС

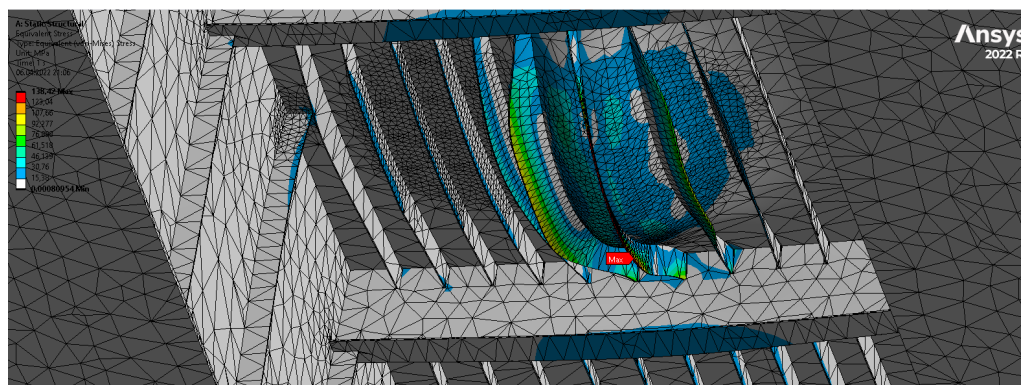


Рис. 15. Общие напряжения при I НДС

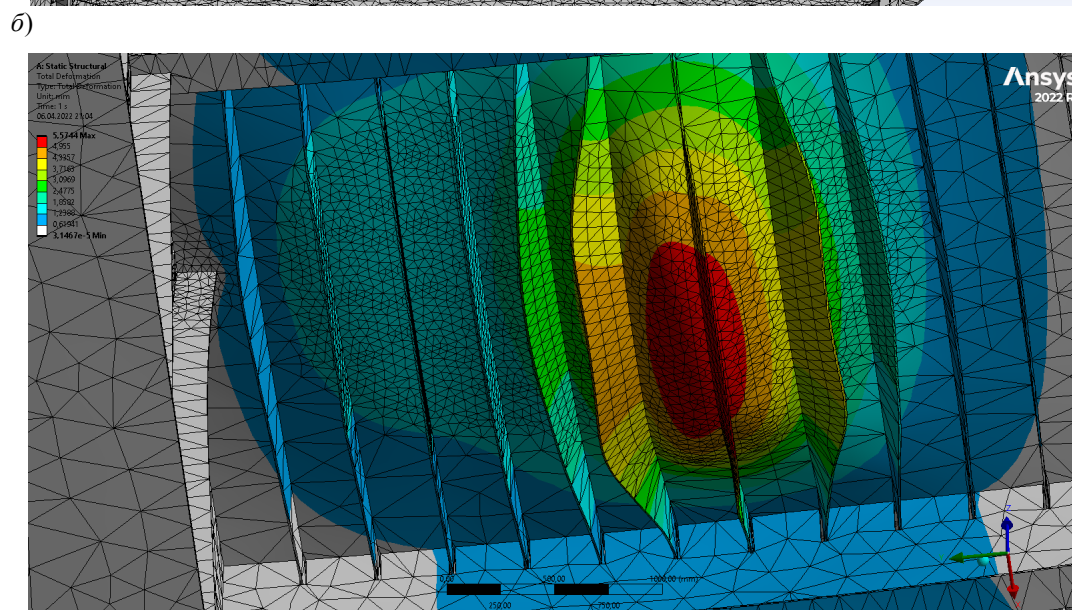
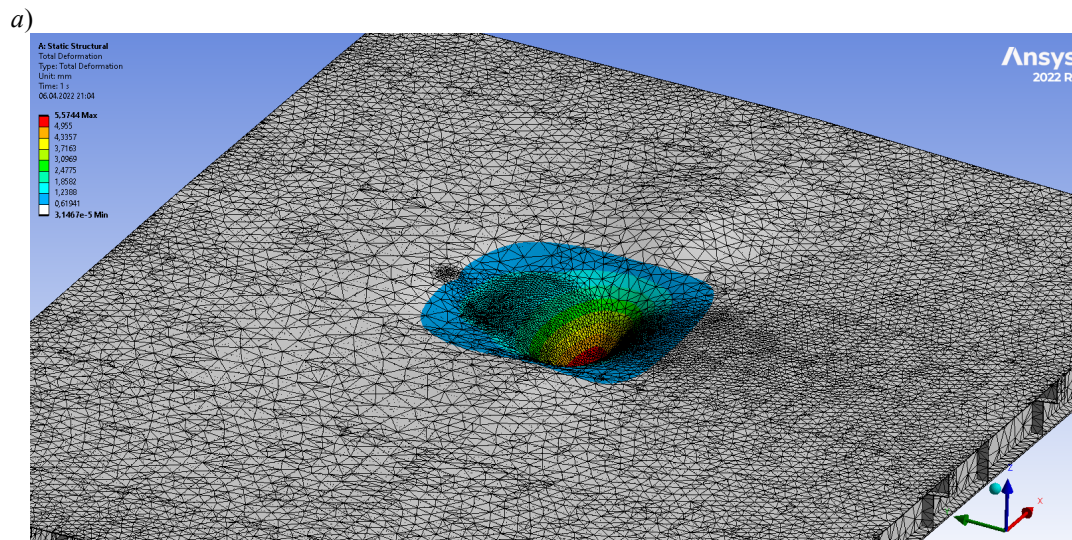


Рис. 16. Деформации при I НДС:
а – общий вид; б – характерные области

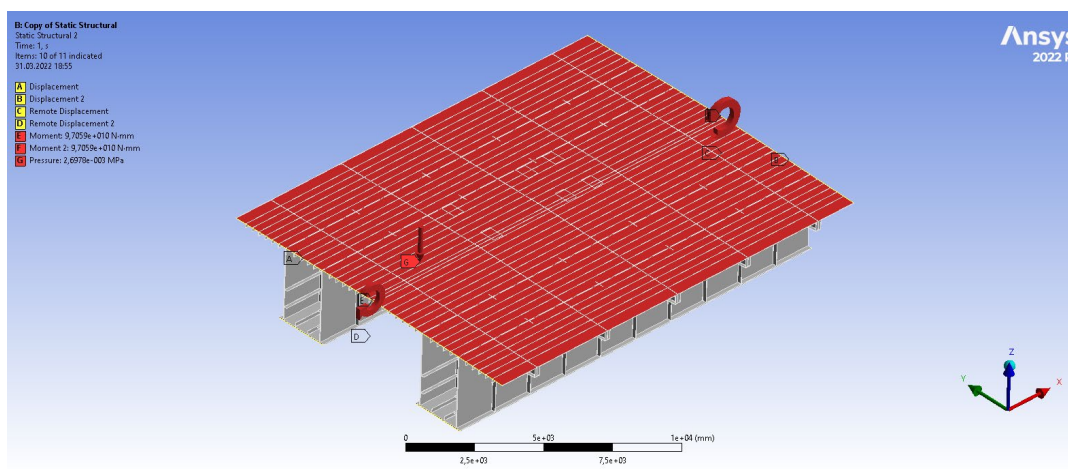


Рис. 17. Общий вид II НДС

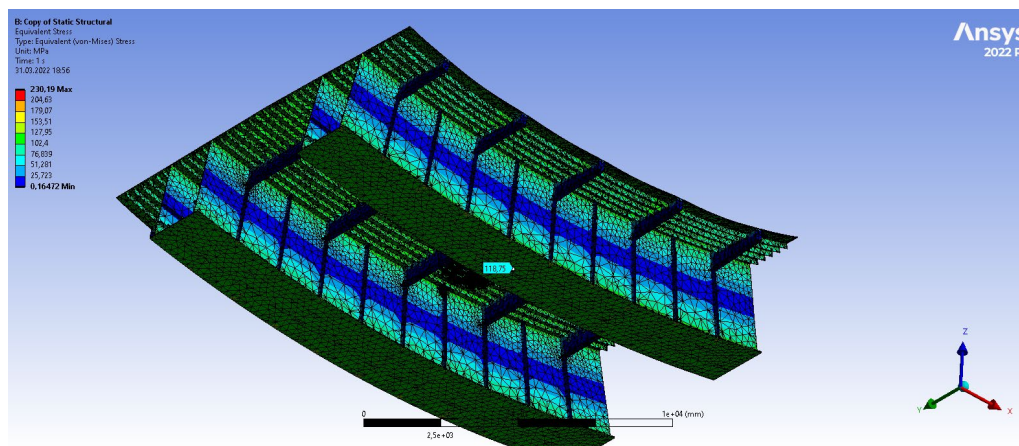


Рис. 18. Напряжения при II НДС

При задании истории нагружения к подвижной нагрузке был добавлен масштабный коэффициент 1,2, учитывающий динамический эффект.

Масштабный коэффициент для постоянных нагрузок, как для максимальных, так и для минимальных значений, был принят равным единице, что позволило смоделировать постоянное воздействие во времени.

Результаты исследования

Результаты расчетов усталостной долговечности свидетельствуют, что минимальное количество циклов наблюдается в нижних фибрах продольного ребра ортотропной плиты и в узле прикрепления ребра жесткости к листу настила. Общее количество циклов до предполагаемого появления усталостных раз-

рушений (трещин) составляет 782 500. В рамках решаемой задачи это означает ежедневный пропуск 80 самосвалов КамАЗ-43118 в течение 25–26 лет эксплуатации сооружения.

Выводы

Таким образом, можно констатировать, что при наличии информации о реальном трафике транспортных средств по сооружению и других статистических данных, кривых усталости для различных марок конструкционных сталей применение программных комплексов для оценки усталостной долговечности металлических ортотропных пролетных строений позволяет выявить характерные места появления усталостных разрушений и спрогнозировать срок эксплуатации до появления последних.

Список источников

1. Научно-технический отчет по обследованию и испытаниям объекта. Автодорожный мост через реку Обь в районе города Сургута с вантовым пролетным строением в левобережной части. Т. 4. (Государственный контракт № 05/20/218 от 08.06.2020).
2. Исследование процессов диссипативного саморазогрева металла при циклических нагружениях и разработка рекомендаций по дистанционному определению наличия и степени развития усталостных трещин в элементах металлических пролетных строений автодорожных мостов (включая ортотропные плиты) методом инфракрасной термографии : отчет по научно-исследовательской работе (промежуточный, этап № 3). (Государственный контракт №18/1-2020 от 21.08.2020).
3. Jong F. B. P. de. Overview Fatigue phenomenon in orthotropic bridge decks in the Netherlands // Conference proceedings Orthotropic Bridge Conference. Sacramento, CA, USA, 2004. P. 489–513.
4. Поляков С. Ю. Совершенствование конструкции проезжей части металлических мостов с учетом особенностей характера работы одежды ездового полотна // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2020. № 2 (22). С. 174–184.
5. Донец А. Н., Кудасов Д. М., Демина О. А. О способе предотвращения развития усталостных трещин в листе настила ортотропной плиты // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. 2021. № 3 (58). С. 79–86.

6. Феоктистова Е. П. Оценка остаточного усталостного ресурса металлических балок сталежелезобетонных пролетных строений автодорожных мостов // Транспортные сооружения. 2019. Т. 6, № 3. URL: <https://t-s.today/PDF/15SATS319.pdf> (дата обращения: 15.03.2022).
7. Бокарев С. А., Жунев К. О. Особенности и перспективы оценки остаточного ресурса сварных металлических пролетных строений железнодорожных мостов // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. 2017. № 40. С. 30–35.
8. Мыщик В. С. Методика оценки выносливости стальной ортотропной плиты проезжей части автодорожных мостов : диссертация ... кандидата технических наук : специальность «Проектирование и строительство дорог, метрополитенов, аэродромов, мостов и транспортных тоннелей» : 05.23.11 / Мыщик Владимир Станиславович. М., 2007. 187 с.
9. Серенсен С. В. Избранные труды. В 3 т. Т. 2. Усталость материалов и элементов конструкций. Киев : Наукова думка, 1985. 256 с.
10. Почтенный Е. К., Капуста П. П. Анализ методов схематизации случайного нагружения // Теоретическая и прикладная механика : международный научно-технический сборник / Белорусский национальный технический университет. Минск : БНТУ, 2020. Вып. 35. С. 130–138.
11. Жунев К. О., Мурованный Ю. Н., Яшнов А. Н. Исследование усталостной долговечности сварных соединений железнодорожных пролетных строений // Транспортные сооружения. 2020. Т. 7, № 2. URL: <https://t-s.today/PDF/06SATS220.pdf> (дата обращения: 02.03.2022).

References

1. Scientific and technical report on the construction inspection and testing. A motor road bridge over the Ob River near Surgut with a cable-stayed superstructure on the left bank. Vol. 4. (State Contract No. 05/20/218 dated 08.06.2020). (In Russ.).
2. The processes investigation of the dissipative metal self-heating under cyclic loads and creating recommendations for remote detection of fatigue cracks existence and propagation degree in metal superstructure elements of motor road bridges (including orthotropic plates) by infrared thermography: Report on the research work (intermediate, stage No. 3). (In Russ.).
3. Jong F. B. P. de. Overview Fatigue phenomenon in orthotropic bridge decks in the Netherlands. *Conference proceedings Orthotropic Bridge Conference*. Sacramento, CA, USA; August 2004. P. 489–513.
4. Polyakov S. Yu. Bridge deck design improving of metal bridges considering the specific function character of the road dressing. *Bulletin of the Tomsk State University of Architecture and Civil Engineering*. 2020;2(22):174–184. (In Russ.).
5. Donets A. N., Kudasov D. M., Dyomina O. A. Revisiting the method for prevention of fatigue crack propagation in orthotropic steel plate of bridge deck. *The Siberian Transport University Bulletin*. 2021;3(58):79–86. (In Russ.).
6. Feoktistova E. P. The residual fatigue life evaluation of metal beams in steel-reinforced concrete superstructures of motor road bridges. *Online magazine Transport Facilities*. 2019;6(3). (In Russ.). URL: <https://t-s.today/PDF/15SATS319.pdf>.
7. Bokarev S. A., Zhunev K. O. Specific character and prospects of evaluating the residual resource of welded metal superstructures of railway bridges. *The Siberian Transport University Bulletin*. 2017;(40):30–35. (In Russ.).
8. Mytsik V. S. Methodology for evaluating the steel orthotropic plate endurance of the bridge deck of motor road bridges: dissertation ... of the candidate of Engineering: in scientifically oriented group Design and Construction of Railway Tracks, Underground Railways, Airdromes, Bridges and Transport Tunnels: 05.23.11 / Vladimir Stanislavovich Mytsik. M.; 2007. 187 p. (In Russ.).
9. Sorensen S. V. Fatigue of materials and structural elements. Selected Works in 3 volumes. Kiev: Naukova dumka; 1985. Vol. 2. 256 p. (In Russ.).
10. Pochtennyi E. K., Kapusta P.P. Analysis of random loading schematization methods. *Theoretical and Applied Mechanics: International Scientific and Technical collection*. Belarusian National Technical University. Minsk: Belarusian National Technical University; 2020. Issue 35. P. 130–138. (In Russ.).
11. Zhunev K. O., Murovannyi Yu. N., Yashnov A. N. Investigation of fatigue durability of welded joints in railway superstructures. *Transport Facilities*. 2020;7(2). (In Russ.). URL: <https://t-s.today/PDF/06SATS220.pdf>.

Информация об авторах

А. Н. Донец – доцент кафедры «Мосты» Сибирского государственного университета путей сообщения, кандидат технических наук.

С. В. Любимов – студент группы СМТ-511, обучающийся по специальности «Строительство железных дорог, мостов и транспортных тоннелей» Сибирского государственного университета путей сообщения.

О. А. Демина – доцент кафедры «Иностранные языки» Сибирского государственного университета путей сообщения, кандидат педагогических наук.

Information about the authors

A. N. Donets – Associate Professor of the Bridges Department, Siberian Transport University, Candidate of Engineering.

S. V. Lubimov – Student of Group SMT-511 in Construction of Railway Track, Bridges and Transport Tunnels, Siberian Transport University.

O. A. Dyomina – Associate Professor of the Department of Foreign Languages, Siberian Transport University, Candidate of Pedagogic Sciences.

Статья поступила в редакцию 11.04.2022; одобрена после рецензирования 19.05.2022; принята к публикации 22.06.2022.

The article was submitted 11.04.2022; approved after reviewing 19.05.2022; accepted for publication 22.06.2022.

К ЮБИЛЕЮ УНИВЕРСИТЕТА

Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. 2022. № 3 (62). С. 80–89.
The Siberian Transport University Bulletin. 2022. No. 3 (62). P. 80–89.

К ЮБИЛЕЮ УНИВЕРСИТЕТА

Информационная статья
УДК 3789(09)
doi 10.52170/1815-9265_2022_62_80

Факультету «Строительство железных дорог» – 90 лет

Валерий Степанович Воробьев¹✉, Ирина Сергеевна Волежанина²,
Алексей Леонидович Исаков³, Николай Иванович Карпущенко⁴,
Виктор Семенович Матвиенко⁵, Владимир Васильевич Щербаков⁶

^{1,2,3,4,5,6} Сибирский государственный университет путей сообщения, Новосибирск, Россия

¹ vorobjev@stu.ru✉

² erarcher@mail.ru

³ isakov@stu.ru

^{4,5} kni@stu.ru

⁶ vvs@stu.ru

Аннотация. В статье кратко изложена история создания и развития кафедр факультета «Строительство железных дорог», становление научных школ и перспективы дальнейших научных исследований. Отмечено, что Советом народных комиссаров было принято решение о выделении из Сибирского (Томского) технологического института с 1 июля 1930 г. десяти отраслевых институтов, в том числе Сибирского института инженеров транспорта (СИИТ) в составе трех факультетов. Среди них – строительный (путейско-строительный) факультет со специальностями: постройка и изыскания железных дорог, эксплуатация железнодорожного пути, здания, мосты, водоснабжение. 30 июня 1931 г. издан приказ Наркомата путей сообщения № 2287, одним из пунктов которого предписывалось перевести путейско-строительный факультет в Новосибирск после окончания строительства для него нового специального здания.

25 сентября 1932 г. приказом наркома путей сообщения № 754/Ц организован Новосибирский путейско-строительный институт инженеров железнодорожного транспорта (НоПИИТ) со специальностями: ремонт и содержание пути; постройка и изыскания железных дорог; здания; водоснабжение; искусственные сооружения. Все кафедры института были сориентированы на подготовку инженерных кадров и решение научных проблем транспортной отрасли.

Перед кафедрой «Железнодорожный путь» была поставлена задача создания научной школы по направлению «Повышение надежности железнодорожного пути и совершенствование системы ведения путевого хозяйства в суровых природно-климатических условиях».

Кафедра инженерной геодезии ориентировалась на подготовку геодезистов высокой квалификации. В настоящее время кафедрой создана электронная навигационная карта Транссиба в границах Западно-Сибирской железной дороги и освоено использование беспилотных летательных аппаратов в учебном процессе и научных исследованиях.

Кафедра «Изыскания, проектирование и постройка железных и автомобильных дорог» стала научной базой создания сибирской школы инженеров-проектировщиков и строителей железных дорог. Научное направление – проектирование земляного полотна железных и автомобильных дорог в сложных инженерно-геологических условиях с глубоким промерзанием грунтов и наличием многолетней мерзлоты.

Кафедра «Иностранные языки» продолжает традицию становления и развития научной базы в отраслевом вузе. Перспективное направление научных исследований на кафедре связано с программой профессиональной переподготовки «Переводчик в сфере профессиональной коммуникации».

Большой потенциал факультета СЖД видится в повышении качества подготовки инженеров путей сообщения, строителей, в развитии научных исследований, нравственно-патриотическом воспитании обучающихся, в установлении и развитии партнерских связей с общеобразовательными школами, техникумами, вузами, научно-исследовательскими и проектными институтами. Решению этих задач в современных социально-экономических условиях будет способствовать большая ориентированность на научную и инновационную составляющие в педагогической деятельности коллектива кафедр факультета.

Ключевые слова: НИИЖТ, СГУПС, факультет, кафедры, научные школы, педагогическая деятельность

Для цитирования: Факультету «Строительство железных дорог» – 90 лет / В. С. Воробьев, И. С. Воегжанина, А. Л. Исаков, Н. И. Карпущенко, В. С. Матвиенко, В. В. Щербakov // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. 2022. № 3 (62). С. 80–89. DOI 10.52170/1815-9265_2022_62_80.

TO THE ANNIVERSARY OF THE UNIVERSITY

Information article

Railway Construction Faculty is 90 years old NIVIT – NIIZhT – STU

Valery S. Vorobiev¹, **Irina S. Volegzhaniina²**, **Alexey L. Isakov³**, **Nikolay I. Karpuschenko⁴**,
Viktor S. Matvienko⁵, **Vladimir V. Shcherbakov⁶**

^{1,2,3,4,5,6} Siberian Transport University, Novosibirsk, Russia

¹ vorobjev@stu.ru

² erarcher@mail.ru

³ isakov@stu.ru

^{4,5} kni@stu.ru

⁶ vvs@stu.ru

Abstract. The article briefly describes the history of foundation and development of the departments of the Faculty of Railway Construction, formation of scientific schools and prospects for further research. It is marked that Council of people's commissars decided to separate Siberian (Tomsk) technological institute since July 1st, 1930 into ten branch institutes, including Siberian institute of engineers of transport (SIIT) with three departments. Among them was the construction (track-building) faculty with the following specialities: building and surveying of railways, exploitation of railways, buildings, bridges, water supply. On June 30, 1931 People's Commissariat of Railway Transport issued an order 2287 that directed to move the faculty of track building to Novosibirsk after finishing construction of new building for it.

On September, 25th, 1932 by the order of People's Commissariat of Railway Transport Nr 754/C the Novosibirsk Railway Construction Institute for Railway Engineers (NOPIIT) was created with the following specialities: repair and maintenance of tracks; construction and survey of railways; buildings; water supply; artificial constructions. All departments of the Institute were oriented to training of engineering staff and solving scientific problems of transport industry.

Before the Railway Track Department was set the task of creating a scientific school in the direction of Improving the reliability of railway track and track maintenance system in harsh climatic conditions.

The Department of Engineering Geodesy focused on the training of geodesists with high qualifications. Now the department has created an electronic navigational map of Transsib within the Trans-Siberian Railway and developed the use of unmanned aerial vehicles in educational process and scientific researches.

The Surveys, Design and Construction of Railways and Highways Department became a scientific base for creating Siberian school of engineers-designers and constructors of railways. The scientific direction – designing of an earthen bed of railways and highways in difficult engineering-geological conditions with deep frost penetration of soils and presence of permafrost.

The Department of Foreign Languages continues the tradition of formation and development of scientific base in the sectorial university. The promising direction of research at the department is connected with the professional retraining program Interpreter in the sphere of professional communication.

The faculty sees great potential in improving the quality of training of railway engineers and builders, in developing scientific research, moral and patriotic education of students, in establishing and developing partnerships with secondary schools, vocational schools, universities, research and design institutes. The solution of these problems in modern socio-economic conditions will contribute to a greater focus on scientific and innovative components in the pedagogical activities of the staff of the faculty departments.

Keywords: NIIZhT, STU, faculty, departments, scientific schools, pedagogical activity

For citation: Vorobiev V. S., Volegzhaniina I. S., Isakov A. L., Karpuschenko N. I., Matvienko V. S., Shcherbakov V. V. Railway Construction Faculty is 90 years old NIVIT – NIIZhT – STU. *The Siberian Transport University Bulletin*. 2022;(62):80–89. (In Russ.). DOI 10.52170/1815-9265_2022_62_80.

В конце 20-х гг. прошлого века в СССР была осуществлена серьезная реорганизация высшего технического образования. На базе немногочисленных широкопрофильных вузов было решено создать отдельные технические вузы, «привязанные» административно к конкретным производственным отраслям. В частности, с 1 июля 1930 г. из Сибирского (Томского) технологического института было решено выделить

десять отраслевых институтов, в том числе Сибирский институт инженеров транспорта (СИИТ) в составе трех факультетов:

– механического со специальностями паровозной, вагонной и автомобильной;

– строительного (путейско-строительного) со специальностями: постройка и изыскания железных дорог, эксплуатация железнодорожного пути, здания, мосты, водоснабжение;

– водного со специальностями: гидротехнические сооружения, внутренние водные сообщения.

30 июня 1931 г. издан приказ Наркомата путей сообщения № 2287, одним из пунктов которого предписывалось перевести путейско-строительный факультет в Новосибирск после окончания строительства для него нового специального здания.

25 сентября 1932 г. приказом наркома путей сообщения № 754/Ц организован Новосибирский путейско-строительный институт инженеров железнодорожного транспорта (НоПИИТ) со специальностями: ремонт и содержание пути; постройка и изыскания железных дорог; здания; водоснабжение; искусственные сооружения, позже переименованный в НИВИТ [1].

Кафедра «Железнодорожный путь»: становление научной школы по направлению «Повышение надежности железнодорожного пути и совершенствование системы ведения путевого хозяйства в суровых природно-климатических условиях»

Первым заведующим кафедрой «Железнодорожный путь» был назначен проф. Сергей Арсеньевич Введенский, приглашенный из Томского технологического института [2]. От проф. С. А. Введенского кафедру принял Степан Фаддеевич Мацкевич, выпускник Томского технологического института 1926 г. Придя в 1935 г. на преподавательскую работу в НИВИТ, он принес с собой глубокое знание проблем производства, особенностей работы инженерных сооружений железной дороги в сибирских условиях. Определяя главное направление деятельности кафедры, С. Ф. Мацкевич подчеркивал: «Разрешать научные проблемы для производства, в первую очередь для железных дорог Западной Сибири, на основе сотрудничества с путейцами – такова наша основная задача». С 1937 по 1943 г. одновременно с заведованием кафедрой С. Ф. Мацкевич руководил факультетом «Строительство железных дорог». В сентябре 1946 г. он был назначен заместителем начальника института по научной и учебной работе. К руководству кафедрами приходили известные ученые, как правило, с большим производственным опытом. Кафедру «Путь и путевое хозяйство» после С. Ф. Мацкевича последовательно возглавляли доц. Иван Ивано-

вич Шаталин (1957–1960), проф. Владимир Георгиевич Альбрехт (1960–1965), под руководством которого в НИИЖТе в течение 5 лет было защищено 8 кандидатских диссертаций, ректор НИИЖТа проф. Николай Павлович Кондаков (1965–1971), проф. Леопольд Мечиславович Дановский (1971–1976), проф. Михаил Степанович Бочёнков, автор конструкции бесстыкового пути (1976–1980). С 1981 г. кафедрой руководит проф. Николай Иванович Карпущенко [3].

Практически сразу после открытия института начала создаваться научная школа путейцев по направлению «Повышение надежности железнодорожного пути и совершенствование системы ведения путевого хозяйства в суровых природно-климатических условиях». Свое развитие научная школа получила в 1956 г. под руководством проф. В. Г. Альбрехта, который из Московского института инженеров транспорта перешел в Новосибирский институт инженеров железнодорожного транспорта на должность проректора по учебной работе и прошел путь от доцента до профессора, одновременно выполняя обязанности заведующего кафедрой пути и путевого хозяйства. В 1959 г. при кафедре «Путь и путевое хозяйство» была создана научно-исследовательская путеиспытательная лаборатория, первым руководителем которой стал выпускник НИВИТа 1938 г. Петр Васильевич Мирошин. Лаборатория развернула широкие исследования по проблемам бесстыкового пути в сибирских условиях, утону пути, взаимодействию пути и новых типов подвижного состава, разработке новых типов промежуточных креплений. На смену В. Г. Альбрехту пришел Н. П. Кондаков. Активная административная и педагогическая работа сочеталась у профессора с продуктивной научной деятельностью. Почти два десятилетия Н. П. Кондаков возглавлял институт, кафедрой руководил около пяти лет (1965–1971). Его основной научный интерес был сосредоточен на проблеме совершенствования системы ведения путевого хозяйства. С 1971 г. заведующим кафедрой был назначен Л. М. Дановский. За годы заведования кафедрой (1971–1976) он проявил себя талантливым педагогом, мудрым организатором, доброжелательным и вместе с тем строгим воспитателем. В 1976 г. кафедру возглавил М. С. Бочён-

ков. Он руководил коллективом 5 лет (до 1980 г.). За эти годы была практически завершена организация лабораторной базы кафедры и создан большой задел в становлении путеиспытательной лаборатории. Коллектив кафедры способствовал внедрению на дорогах страны бесстыкового пути, в том числе с рельсовыми плетями, равными длине блок-участков. В 1978 г. М. С. Бочёнку присвоено звание «Заслуженный деятель науки и техники РСФСР». Два десятилетия (1981–2001 гг. и с 2003 г. по настоящее время) кафедру возглавляет Н. И. Карпущенко. Он является крупным специалистом в области надежности, взаимодействия пути и подвижного состава, рельсовых креплений, износа рельсов и угона пути. По результатам исследований рельсовых креплений разработаны технические условия, конструкторская документация и сертификаты на производство креплений КН-65, в том числе железобетонной шпалы Ш1-КН, подкладки КН-65, клеммы крепления КН-65. В 2003 г. он был удостоен почетного звания «Заслуженный деятель науки Российской Федерации». Научная школа имеет хорошие перспективы развития. В области путевого хозяйства железных дорог в настоящее время наблюдается подлинная техническая революция, связанная с расширением полигона бесстыкового пути на железобетонных шпалах, применением на ремонтных работах мощных путевых комплексов, автоматизацией съемок, расчетов и выправки железнодорожного пути в плане и профиле. Конечной целью этой работы является переход на малолюдные технологии содержания и ремонта железнодорожного пути при обеспечении необходимых условий безопасности и скоростей движения поездов.

Кафедра инженерной геодезии: электронная навигационная карта Транссиба в границах ЗСЖД и беспилотные летательные аппараты

В 1932 г. организована кафедра геодезии в составе одного профессора и двух ассистентов; при ней была учебная геодезическая лаборатория, для которой все приборы и учебное оборудование привезли из Томска. С 1990 г. кафедра называется «Инженерная геодезия». Первым заведующим кафедрой был канд. техн. наук, проф. Алексей Иванович Прибытков. По свидетельству слушателей, это был

интеллигентный человек, блестящий педагог и лектор. Ощущая недостаток литературы, он с первых дней приступил к ее разработке и уже в 1935 г. в Томске вышли учебные пособия и первая часть учебного курса по геодезии. С осени 1935 г. коллектив кафедры возглавлял доц. Оскар Янович Эзергайл. В 1937 г. на кафедре сменилось три исполняющих обязанности заведующего кафедрой. В 1938–1945 гг. кафедрой заведовал проф. Владимир Александрович Важеевский, автор учебника по геодезии и широко известных таблиц для разбивки железнодорожных кривых, переизданных в 1938–1948 гг. восемь раз [2]. Одновременно с учебной работой все сотрудники кафедры участвовали в проектировании и сооружении объектов железнодорожного строительства треста «Стройпуть» и подъездных путей для многих заводов, перебазированных в Новосибирск во время Великой Отечественной войны. Под руководством проф. В. А. Важеевского были проведены изыскания паромной переправы через р. Обь в Новосибирске. Научная работа в это время была направлена на развитие методики измерений при проектно-изыскательских работах.

В 1945–1948 гг. кафедрой заведовал проф. Иван Наумович Язев, известный астроном-геодезист, защитивший в 1946 г. докторскую диссертацию о взаимосвязи солнечной активности и поведения Земли.

Значительное развитие кафедра получила под руководством д-ра техн. наук, проф. Александра Фридриховича Лютца (1949–1969). Был полностью обновлен парк геодезических приборов – на занятиях каждый студент имел возможность работать самостоятельно. Учебная геодезическая лаборатория была оснащена фотограмметрической техникой, что позволило выполнять научные исследования и проводить инженерные изыскания для хозяйственных объектов, в результате чего было опубликовано несколько книг. Ввели преподавание важного раздела «Аэрофотогеодезия». Дальнейшее развитие получила связь кафедры с «Сибгипротрансом», «Запсибтрансстроем», Томской (Западно-Сибирской) железной дорогой. Открылась и своя аспирантура, которую под руководством А. Ф. Лютца окончили В. С. Кириленко, А. В. Вахидов,

В. С. Редьков, В. Ф. Райфельд, Г. А. Храпов. Защита диссертаций проводилась в нашем вузе.

В 1950–1960 гг. на кафедре велась большая научно-методическая работа: издавались учебники, пособия и справочники. При участии А. Ф. Лютца издан «Учебник по инженерной геодезии для железнодорожных вузов» (1968), сотрудниками кафедры под его руководством опубликованы «Руководство по топографо-геодезическим работам на изысканиях железных дорог» (1957), книга «Геодезические работы в полевом хозяйстве» (1959), справочное пособие «Геодезия в железнодорожном деле» (1962), «Руководство по техническому нивелированию и высотным теодолитным ходам» (1974). Сам А. Ф. Лютц издал две монографии о геодезических работах при изыскании и строительстве железнодорожных сооружений. Конспекты его лекций издавались дважды (1960–1964, 1967).

В 1962 г. при кафедре в 50 км от Новосибирска организован учебный полигон для ведения полевой учебной практики.

В 1969–1972 гг. кафедрой заведовал канд. техн. наук, доц. Василий Павлович Сорокин. В 1972–1989 гг. кафедрой заведовал д-р техн. наук, проф. Александр Александрович Визгин, известный в стране специалист по уравниванию результатов измерений с учетом ошибок исходных данных. С 1989 по 2004 г. кафедрой заведовал канд. техн. наук, доц. Василий Сергеевич Редьков.

С 2005 г. кафедрой заведует д-р техн. наук Владимир Васильевич Щербаков, по совместительству заведующий НИЛ «Диагностика дорожных одежд и земляного полотна». Основной научной деятельностью является развитие ГИС-технологий на железных дорогах, включая оценку геометрических параметров рельсовой колеи с использованием ГНСС, создание систем автоматизированного управления строительной техникой. В 2006 г. созданы лаборатории «Моделирование инструментальных съемок» и «Геоинформационные технологии в транспортном строительстве», закуплены спутниковые геодезические приемники Trimble R3.

В 2009 г. созданный кафедрой учебно-методический комплекс по развитию навыков выполнения геодезических измерений «Стенд – модель местности» за инновационный подход

в разработке получил Большую золотую медаль ITE Сибирской Ярмарки на выставке «УчСиб-2009».

В 2010 г. учеб пособие «Моделирование и расчеты при трассировании линейных сооружений» награждено дипломом конкурса «Золотая медаль ITE Сибирской Ярмарки» на выставке «УчСиб-2010». В этом же году значительно обновлен парк электронных геодезических приборов, закуплено 15 современных тахеометров Focus4.

В 2011 г. сотрудниками кафедры выполнена съемка плано-съемочного обоснования геодезического полигона с использованием ГНСС, вычислены и уравнены координаты пунктов в новой системе координат.

Сотрудники кафедры участвовали в конкурсе «Разработка и внедрение систем автоматизированного управления (САУ) на базе ГНСС (ГЛОНАСС, GNSS) на сети железных дорог ОАО «РЖД», который проводился в 2013–2015 гг.

В 2015 и 2016 гг. были приобретены лазерный нивелир SP-HV101-4 и трассопоисковая система С.А.Т4 Genny4 для выполнения лабораторных работ по вертикальной планировке. На кафедре продолжают научно-исследовательские работы по современным перспективным научным направлениям. Разрабатываются средства и методы оценки состояния железнодорожных путей (рельсовой колеи) на базе ГНСС, инерциальных систем и лазерных сканеров. За последние годы разработаны: АПК «Профиль» для проведения проектно-изыскательских работ, определения геометрических параметров рельсовой колеи и натурных проверок плана и профиля станционных путей; АПК «Сканпуть» – мобильный лазерный сканер, предназначенный для лазерного сканирования железных дорог с целью паспортизации, проектно-изыскательских работ, мониторинга и контроля качества строительства (ремонта) железных дорог. Продолжается разработка средств и методов систем автоматизированного управления выправкой пути (СУВП) на базе инерциальных и спутниковых систем позиционирования. Создан СУВП «Курс», ведутся новые разработки для балластировки пути, вырезки балласта, контроля габаритов приближения строений во время ремонтных работ и постановки пути в проектное

положение для различных путевых машин. Разрабатываются средства и методы (технологии) создания электронных навигационных карт железных дорог с использованием ГНСС и ГИС-технологий. Создана электронная навигационная карта Транссиба в границах Западно-Сибирской железной дороги. Сотрудники кафедры и лаборатории много внимания уделяют разработке средств и методов диагностики автомобильных дорог. Укомплектована дорожная передвижная лаборатория ДПЛ-СГУПС, универсальный дорожный курвиметр (УДК) «Ровность». Создан СТК-РП для контроля текущей длины рельсовой плети, коротких неровностей и корректировки длин для приведения к нормативным температурным параметрам (РСР-29, РСР-Боровое (Республика Казахстан)). Подготовка студентов осуществляется на современном учебно-лабораторном оборудовании, в том числе созданном кафедрой: учебный стенд для моделирования инструментальных геодезических съемок, включающий макет местности М 1 : 100, лазерный сканер, портативные нивелиры, теодолиты и построители плоскости. Создана учебная лаборатория «Геоинформационные системы в транспортном строительстве». Много внимания уделяется хозяйственным работам.

Начиная с 2019 г. ведется активное внедрение беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) в учебную и научно-исследовательскую работу. СГУПС впервые для сети железных дорог разработал технологию получения пространственных данных и геометрических параметров с использованием БПЛА, соответствующих нормативным требованиям контроля габаритов приближения строений, построения цифровой модели пути, поперечных профилей и других параметров. Опыт применения БПЛА на Западно-Сибирской железной дороге показал, что производительность при выполнении исполнительных съемок повышается не менее чем в 1,5 раза. В 2021 г. закуплены три комплекта спутниковых приемников позиционирования EFT M3 GNSS. Ведется постоянная работа по съемке железнодорожных путей (созданию масштабных планов) и установке САУ на железнодорожные строительные машины.

**Кафедра «Изыскания, проектирование и
постройка железных и автомобильных дорог»:
сибирская школа
инженеров-проектировщиков и строителей
железных дорог**

НоПИИТ (с 1934 г. – НИВИТ) был единственным вузом за Уралом, в котором велась подготовка проектировщиков и строителей железных дорог [1]. Профессиональная подготовка инженеров по специальности «Постройка и изыскания железных дорог» была возложена на кафедру «Проектирование и постройка железных дорог» (ныне кафедра «Изыскания, проектирование и постройка железных и автомобильных дорог»).

В 1965 г. к руководству кафедрой пришел выпускник НИВИТа 1938 г. проф., д-р техн. наук Аркадий Константинович Дюнин. Для привлечения молодых кадров к научно-исследовательской, а затем и к педагогической деятельности он создал при кафедре отраслевую научно-исследовательскую лабораторию по борьбе с заносами, лавинами и размывами на железных дорогах, которая за короткое время стала ведущей в СССР в области защиты транспортных коммуникаций и промышленных предприятий от лавин, снежных и песчаных заносов. В лаборатории за короткое время была создана мощная экспериментальная база для изучения процессов снего- и пескопереноса, ударного воздействия снеголавинных и селевых потоков на инженерные сооружения. Результаты научных исследований сотрудников лаборатории нашли инженерное воплощение на железнодорожных линиях Новокузнецк – Абакан и Южно-Сахалинск – Холмск, на лавиноопасных участках Байкало-Амурской магистрали, на автодороге Фрунзе – Ош, на многих других авто- и железнодорожных магистралях и в энергетических коммуникациях.

Важным событием в жизни кафедры и строительного факультета стало открытие в 1994 г. подготовки инженеров по специальности «Автомобильные дороги и аэродромы». Это было вызвано острой нехваткой инженерных кадров в дорожной отрасли Новосибирской области.

В 2003 г. кафедру принял д-р техн. наук Александр Леонидович Исаков, выпускник математического факультета Новосибирского государственного университета 1971 г. С 1971 по 2003 г. А. Л. Исаков работал в Институте

горного дела Сибирского отделения РАН, возглавляя с 1991 г. лабораторию механики грунтов [4]. С его приходом на кафедре получило развитие новое научное направление, связанное с проектированием земляного полотна железных и автомобильных дорог в сложных инженерно-геологических условиях с глубоким промерзанием грунтов и наличием многолетней мерзлоты. Для экспериментального исследования теплофизических процессов, происходящих в грунтовых массивах земляного полотна, на территории университета сооружен фрагмент железнодорожной насыпи в натуральную величину, на котором ведут разнообразные наблюдения аспиранты и студенты старших курсов. Высокая математическая подготовка позволяет проф. А. Л. Исакову с иных позиций подходить к решению традиционных задач проектирования железных дорог. В частности, им реализован аналитический метод решения задач тяговых расчетов, с уходом от применяемых до сих пор трудоемких графических методов. С таких же позиций рассмотрены вопросы проектирования земляного полотна высокоскоростных железнодорожных магистралей с выполнением теплофизических расчетов для проверки условия недопустимости морозного пучения грунтов земляного полотна. Для выполнения массовых расчетов по этим направлениям в курсовом и дипломном проектировании разработаны специальные программы.

За 90-летнюю историю строительного факультета инженеров-строителей железных дорог выпускали две кафедры: «Железнодорожный путь» (ныне «Путь и путевое хозяйство») и «Проектирование железных дорог» (ныне «Изыскания, проектирование и постройка железных и автомобильных дорог»), – их выпускников в обиходе называли «путейцами» и «изыскателями». До настоящего времени всего выпущено около 9 000 инженеров-строителей железных дорог [5]. До перехода на Болонскую систему организации учебного процесса содержание профессиональной подготовки было одинаковым для выпускников обеих кафедр, разница наблюдалась лишь в тематике дипломного проектирования. Это обеспечивало выпускникам возможность самореализации не только по профилю выпускающей кафедры и позволяло выбирать более

привлекательные направления деятельности и не только в транспортной отрасли. Выполненная на факультете работа по исследованию профессиональных траекторий 1 384 выпускников показала, что из этого числа 930 человек (67 %) завершили свою деятельность в проектно-изыскательских и строительных организациях как транспортного профиля, так и общегражданского и промышленного строительства, причем 606 выпускников из этого числа стали руководителями предприятий или их ведущими специалистами – главными инженерами, технологами, руководителями отделов и т. д. Этот факт дает основание утверждать, что НИВИТ – НИИЖТ стал действительно настоящей сибирской школой инженеров-проектировщиков и строителей железных дорог. Подготовку инженеров путей сообщения по специальности «Автомобильные дороги» кафедра вела лишь четыре года – до 2003 г. (всего был выпущен 131 инженер), когда было принято решение о переходе на Болонскую систему организации образования, по которой вводился бакалавриат с 4-летним сроком обучения (при сохранении по специальности «Строительство железных дорог, мостов и транспортных тоннелей» 5-летней подготовки). Такое решение следует признать недоразумением, поскольку железные и автомобильные дороги конструктивно имеют много сходных элементов, а дорожные одежды автомобильных дорог конструктивно и технологически не менее сложны, чем рельсовый путь. Проглашенное министром высшего образования и науки РФ намерение отказаться от Болонской системы дает надежду, что это расхождение будет устранено.

90-е гг. прошлого столетия и первое десятилетие нового стали периодом серьезного спада транспортного строительства, что предопределило снижение спроса на наших выпускников. Развитие экономики России неизбежно поставит вопрос о расширении сети железных дорог, что уже проявляется в ряде конкретных решений правительства: реконструируются Транссиб и БАМ в их восточной части, принято решение о строительстве Северного широтного хода, в средствах массовой информации настойчиво ставится вопрос о строительстве третьего выхода к Тихому океану (от ст. Эльга к западному побережью Охотского

моря) и дополнительных железнодорожных выходов к побережью Северного Ледовитого океана. Уже много лет ведется дискуссия о строительстве в России высокоскоростных магистралей. Их появление неизбежно, Россия не может остаться в стороне от мирового технического прогресса в этой области, вопрос только во времени. Названные обстоятельства требуют внесения корректив в содержание учебного процесса и внушают осторожный оптимизм в отношении востребованности наших выпускников.

Кафедра «Иностранные языки» в отраслевом вузе: становление и развитие научной базы

Четвертая промышленная революция, реализация разными странами мира программ цифровой экономики для создания условий развития общества знаний сопровождаются постоянно ускоряющейся динамикой обновления существующих и появлением новых технологий в ведущих отраслях производства, одной из которых является железнодорожный транспорт. Как следствие, в отрасли растет востребованность специалистов, способных осуществлять эффективную коммуникацию в гибридных многонациональных командах, состоящих из людей – носителей различных языковых культур и искусственных интеллектуальных агентов; работать с массивами отраслевых технических данных на различных языках; управлять знаниями с использованием когнитивных технологий для создания инноваций в отрасли.

Таким образом, исполнение заказа государства, общества и работодателей на подготовку специалистов новой формации, способных к результативной коммуникации в условиях «цифровой железной дороги», связано в том числе с формированием их коммуникативной компетенции средствами дисциплины «Иностранный язык». Специфика данной дисциплины в отраслевом вузе определяется невозможностью ее изучения в отрыве от содержания будущей профессиональной деятельности студентов в отрасли. В противном случае вряд ли правомерно говорить о результативном межличностном взаимодействии в профессиональной группе и корпоративной среде предприятия.

История кафедры, которой в 2022 г. исполняется 85 лет, включает несколько последова-

тельных этапов ее становления и развития, ориентированных на углубление интеграции лингвистического и профессионально-ориентированного аспектов процесса обучения иностранным языкам через прикладные исследования и междисциплинарность.

Первый этап связан с основанием кафедры, построением ее учебно-методической и исследовательской базы. В приказах 1936–1937 гг. упоминаются имена первых руководителей – К. Ф. Даммера, А. Г. Витте и М. Ф. Токаревой, которая заведовала кафедрой с 1937 по 1945 г. Затем кафедру возглавила О. К. Иванова-Жданова, окончившая Ленинградский педагогический институт им. Герцена (осуществляла руководство коллективом кафедры до 1960 г.).

Второй этап (1960-е – 1990-е гг.) стал периодом расширения базы кафедры и развития ее кадрового потенциала. Создание репутации кафедры на уровне г. Новосибирска связано с именами ее руководителей – доц. П. И. Шпилёва (1960–1991), В. А. Малкова (1991–1993) и коллективом высокопрофессиональных преподавателей-практиков: Н. Р. Башловкиной (зав. секцией английского языка), И. В. Лавровой (зав. секцией немецкого языка), З. Г. Бернацкой, В. И. Брунилиной, А. А. Вольперт, Н. П. Дидковской, Н. И. Дёминой, О. Н. Колесниковой, П. И. Клюевым, П. Ф. Клюковым, Т. Ф. Овчинниковой, Л. Ф. Оксанычевой, Н. А. Пасхаловой, З. В. Поляковой, С. К. Яворской, Э. А. Экгарт и др.

Третий этап связан с именем О. А. Дёминой, которая стала заведующей кафедрой в 1994 г. и возглавляла это подразделение вуза 27 лет – до 2021 г. В начале 90-х новые для того времени образовательные и информационные технологии стали активно внедряться в процесс подготовки будущих специалистов предприятий железнодорожного транспорта и поставили перед кафедрой новые вызовы.

В связи с этим перед коллективом кафедры руководством вуза была поставлена задача поиска адекватных форм обучения и разработки соответствующего содержания. Коллектив кафедры, в состав которого в разные годы вошли канд. филол. наук Е. С. Закирова, канд. психол. наук И. А. Тепленева, канд. пед. наук О. С. Шалопаетова, канд. социол. наук

С. В. Чусовлянова, канд. филол. наук Г. Г. Коптева и др., успешно справился с поставленными задачами. Авторские подходы, методы и методики преподавания иностранных языков были теоретически обобщены, что создало «точку роста» для проведения системных педагогических исследований. В 2001 г. заведующая кафедрой доц. О. А. Дёмина защитила первую в истории кафедры кандидатскую диссертацию под научным руководством д-ра пед. наук Э. Г. Скибицкого и активизировала научные исследования молодых преподавателей. Кафедра получила новый импульс развития с успешными защитами кандидатских диссертаций Э. М. Аникиной, Е. Т. Китовой, И. С. Волежаниной, Ю. С. Юрьевой, Е. С. Быкадоровой и Е. Г. Жариковой. В 2020 г. И. С. Волежанина защитила первую в истории кафедры диссертацию на соискание ученой степени доктора педагогических наук. Ведущая идея исследования заключалась в том, что становление и развитие профессиональной компетентности будущего инженера для современных социально-экономических условий осуществляется с использованием интегративного потенциала отраслевого научно-образовательного комплекса, его открытой базы знаний в форме онтологий с целью совместной генерации новых научных знаний в процессе разработки студентами сквозных междисциплинарных проектов, трансляции их результатов в производственную и образовательную практику. Идея диссертации дала начало новому направлению исследований, связанному с интеграцией науки, образования и производства в цифровую экосистему «отрасль – отраслевой вуз» посредством сквозных технологий цифровой экономики.

Актуальность, инновационность и качество результатов академической и научной деятельности коллектива кафедры подтверждаются наградами, полученными за участие в конкурсах. Среди недавних наград Государственная премия Красноярского края в сфере профессионального образования, полученная И. С. Волежаниной (2019), серебряная и малая золотая медали конкурса «Золотая медаль» выставки «УчСиб» за проекты по формированию информационно-образовательной среды на основе онтологических моделей (2018 и 2020), первая премия среди общеобразовательных кафедр за победу на конкурсе «Лучший электронный курс СГУПС» (2021), диплом победителя VI Международного конкурса изданий для образовательных организаций высшего образования за монографию «Становление и развитие профессиональной компетентности инженера в отраслевом научно-образовательном комплексе» (2021).

Перспективное направление научных исследований на кафедре связано с программой профессиональной переподготовки «Переводчик в сфере профессиональной коммуникации», разработанной для слушателей технических и экономических профилей канд. психол. наук, доц. И. А. Тепленёвой в 2009 г.

Большой потенциал по линии научно-исследовательской работы и нравственно-патриотического воспитания обучающихся видится в установлении и развитии партнерских связей с общеобразовательными школами, техникумами и вузами. Решению этих задач в современных социально-экономических условиях будет способствовать большая ориентированность на научную и инновационную составляющие в профессиональной деятельности коллектива кафедры «Иностранные языки».

Список источников

1. Добровольский А. В. Манаков А. Л. НИВИТ военного времени (1941–1945). Новосибирск : Издательство Сибирского государственного университета путей сообщения, 2017. 128 с.
2. Профессора Сибирского государственного университета путей сообщения : биографический справочник. В 3 т. Т. 1. НИВИТ (1932–1953 гг.) / авт.-сост. В. С. Матвиенко. Новосибирск : Издательство Сибирского государственного университета путей сообщения, 2017. 140 с.
3. Профессора Сибирского государственного университета путей сообщения : биографический справочник. В 3 т. Т. 2. НИИЖТ (1953–1993 гг.) / авт.-сост. В. С. Матвиенко. Новосибирск : Издательство Сибирского государственного университета путей сообщения, 2017. 198 с.
4. Профессора Сибирского государственного университета путей сообщения: биографический справочник. В 3 т. Т. 3. СГУПС (1993–2018 гг.) / авт.-сост. В. С. Матвиенко. Новосибирск : Издательство Сибирского государственного университета путей сообщения, 2018. 376 с.

5. Строителей след на земле : сборник-энциклопедия выпускников строительного факультета НИВИТа – НИИЖТа / сост. В. С. Матвиенко. Новосибирск : Издательство Сибирского государственного университета путей сообщения, 2007. 878 с.

References

1. Dobrovolsky A. V., Manakov A. L. NIVIT of wartime (1941–1945). Novosibirsk: Publishing House of the Siberian Transport University, 2017. 128 p.
2. Matvienko V. S., author-compiler. Professors of the Siberian Transport University. Vol. 1, NIVIT (1932–1953). Novosibirsk: Publishing House of Siberian Transport University; 2017. 140 p. (In Russ.).
3. Matvienko V. S., author-compiler. Professors of Siberian Transport University. Vol. 2, NIIZhT (1953–1993). Novosibirsk: Publishing House of Siberian Transport University; 2017. 198 p. (In Russ.).
4. Matvienko V. S., author-compiler. Professors of Siberian Transport University. Vol. 3, STU (1993–2018). Novosibirsk: Publishing House of Siberian Transport University; 2018. 376 p. (In Russ.).
5. Matvienko V. S., compiler. Builders' footprint on earth: Collection encyclopedia of graduates of Railway Construction Fac. NIVIT – NIIZhT. Novosibirsk: Publishing House of the Siberian Transport University; 2007. 878 p.

Информация об авторах

В. С. Воробьев – декан факультета «Строительство железных дорог» Сибирского государственного университета путей сообщения, доктор технических наук, профессор.

И. С. Волежанина – заведующий кафедрой «Иностранные языки» Сибирского государственного университета путей сообщения, доктор педагогических наук, доцент.

А. Л. Исаков – заведующий кафедрой «Изыскания, проектирование и постройка железных и автомобильных дорог» Сибирского государственного университета путей сообщения, доктор технических наук, профессор.

Н. И. Карпущенко – профессор кафедры «Путь и путевое хозяйство» Сибирского государственного университета путей сообщения, доктор технических наук.

В. С. Матвиенко – доцент кафедры «Изыскания, проектирование и постройка железных и автомобильных дорог» Сибирского государственного университета путей сообщения, кандидат технических наук.

В. В. Щербakov – заведующий кафедрой «Инженерная геодезия» Сибирского государственного университета путей сообщения, доктор технических наук, профессор.

Information about the authors

V. S. Vorobyev – Dean of the Railway Construction Faculty, Siberian Transport University, Doctor of Engineering, Professor.

I. S. Volegzhanina – Head of the Foreign Languages Department, Siberian Transport University, Doctor of Pedagogical Sciences, Associate Professor.

A. L. Isakov – Head of the Railway and Highway Surveying and Design Engineering Department, Siberian Transport University, Doctor of Engineering, Professor.

N. I. Karpuschenko – Professor of the Track and Track Facilities Department, Siberian Transport University, Doctor of Engineering.

V. S. Matvienko – Associate Professor, Railway and Highway Surveying and Design Engineering Research Department, Siberian Transport University, Candidate of Engineering.

V. V. Shcherbakov – Head of the Engineering Geodesy Department, State Transport University, Doctor of Engineering, Professor.

Статья поступила в редакцию 26.08.2022; принята к публикации 29.08.2022.
The article was submitted 26.08.2022; accepted for publication 29.08.2022.

К ЮБИЛЕЮ УНИВЕРСИТЕТА

Информационная статья
УДК 69+624
doi 10.52170/1815-9265_2022_62_90

Научно-исследовательская работа на факультете «Мосты и тоннели»

Сергей Анатольевич Бахтин¹, **Сергей Иванович Герасимов²**,
Константин Валерьевич Королев³, **Артем Николаевич Иванов⁴**,
Анатолий Михайлович Попов⁵, **Андрей Николаевич Яшнов⁶**

^{1,2,3,4,5,6} Сибирский государственный университет путей сообщения, Новосибирск, Россия

¹ bsa1@stu.ru

² 912267@mail.ru

³ korolev_kv@mail.ru

⁴ a.n.ivanov1@mail.ru

⁵ termech@stu.ru; 47604@mail.ru

⁶ yan@stu.ru

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы становления и развития направлений научно-исследовательской работы и научных школ на кафедрах факультета «Мосты и тоннели» Сибирского государственного университета путей сообщения. Каждая кафедра: «Мосты», «Геотехника, тоннели и метрополитены», «Теоретическая механика», «Строительная механика» – имеет многолетнюю историю, насыщенную большими достижениями в области учебной, научной и методической работы. На данных кафедрах созданы известные научные школы, отмеченные государственными наградами, их деятели удостоены многочисленных ученых степеней и званий, а их достижения отражены в отечественных и зарубежных изданиях.

Важным элементом научной деятельности кафедр факультета «Мосты и тоннели» является перспективность исследований, имеющих большой спрос как в научной, так и в производственной сферах, а также непрерывная подготовка молодых научных кадров.

Ключевые слова: научные направления, научные школы, мосты, тоннели, строительная механика, теоретическая механика, геология, механика грунтов, метрополитены

Для цитирования: Научно-исследовательская работа на факультете «Мосты и тоннели» / С. А. Бахтин, С. И. Герасимов, К. В. Королев, А. Н. Иванов, А. М. Попов, А. Н. Яшнов // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. 2022. № 3 (62). С. 90–104. DOI 10.52170/1815-9265_2022_62_90.

TO THE ANNIVERSARY OF THE UNIVERSITY

Information article

Research work at the Bridges and Tunnels Faculty

Sergey A. Bakhtin¹, **Sergey I. Gerasimov²**, **Konstantin V. Korolev³**, **Artem N. Ivanov⁴**,
Anatoly M. Popov⁵, **Andrei N. Yashnov⁶**

^{1,2,3,4,5,6} Siberian Transport University, Novosibirsk, Russia

¹ bsa1@stu.ru

² 912267@mail.ru

³ korolev_kv@mail.ru

⁴ a.n.ivanov1@mail.ru

⁵ termech@stu.ru; 47604@mail.ru

⁶ yan@stu.ru

Abstract. The article deals with the formation and development of research areas and scientific schools at the departments of the Bridges and Tunnels Faculty Siberian Transport University. Each department: Bridges, Geotechnics, Tunnels and Subways, Theoretical Mechanics, Construction Mechanics have a long history, full of great achievements in the field of educational, scientific and methodological work. Well-known scientific schools have been established at these departments, which have been awarded both state awards and numerous academic degrees and titles, publications in domestic and foreign publications.

An important element of the scientific activity of the departments of the Bridges and Tunnels faculty is the prospects of today's research, which is in great demand, both in scientific and industrial fields, continuous training of young scientific personnel.

Keywords: scientific directions, scientific schools, bridges, tunnels, construction mechanics, theoretical mechanics, geology, soil mechanics, subways

For citation: Bakhtin S. A., Gerasimov S. I., Korolev K. V., Ivanov A. N., Popov A. M., Yashnov A. N. Research work at the Bridges and Tunnels Faculty. *The Siberian Transport University Bulletin*. 2022;(62):90–104. (In Russ.). DOI 10.52170/1815-9265_2022_62_90.

Все четыре современные кафедры факультета «Мосты и тоннели» («Мосты», «Геотехника, тоннели и метрополитены», «Теоретическая механика», «Строительная механика») являются ровесниками нашего вуза – НоПИИТа, НИВИТа, НИИЖТа, СГУПСа. Не углубляясь в весьма интересные исторические подробности и факты [1–4], неоднократную смену названий данных кафедр за 90-летнюю историю вуза, следует констатировать, что созданный в тридцатые годы прошлого века «строительно-путейский институт» опирался на глубокую инженерную подготовку, основу которой заложили наши предшественники [5].

Кафедра «Мосты» была создана в числе первых семи кафедр НоПИИТа в 1932 г. Первыми преподавателями были: А. А. Чигарин (заведующий кафедрой), К. И. Андреев, Г. И. Клейменов. Первый официальный документ, дошедший до наших дней, – отчет о состоянии научно-исследовательской работы от 1 июля 1935 г. [4].

В начале Великой Отечественной войны Московский институт инженеров железнодорожного транспорта (МИИТ) был эвакуирован в Новосибирск и профессорско-преподавательский состав кафедры «Мосты» пополнился известными учеными, в числе которых доктора технических наук В. А. Гастев и Г. К. Евграфов, а также единственный мостовик – академик АН СССР Григорий Петрович Передерий. В 1941 г. Г. П. Передерий возглавил кафедру «Мосты» и заведовал ею вплоть до 1944 г. В военное время вопросы восстановления и ремонта мостовых сооружений встали особенно остро. Поэтому по инициативе Г. П. Передерия в 1941 г. была создана мостоиспытательная станция при кафедре «Мосты» для обследования и испытания искусственных сооружений на железных дорогах СССР.

Только за первое полугодие 1942 г. станция выполнила хозяйственно-договорных работ на сумму 27 тыс. р. Мостостанция регулярно вела

работы на Восточно-Сибирской и Приморской железных дорогах, а сотрудники кафедры выполняли консультации по строительству и эксплуатации мостов, за что Г. П. Передерия в 1943 г. удостоили благодарности и премии начальника Томской железной дороги. Так было положено начало формированию научной школы мостовиков в НИИЖТе. Окончательно она оформилась в виде отраслевой научно-исследовательской лаборатории мостовых конструкций (ЛМК) лишь в 1959 г. Понадобилось более 15 лет для подбора соответствующего кадрового состава и накопления знаний и опыта в вопросах проектирования, строительства и эксплуатации транспортных сооружений.

Мостоиспытательная станция была реорганизована в Лабораторию мостовых конструкций по инициативе д-ра техн. наук, проф. Константина Константиновича Яковсона, который возглавил кафедру «Мосты и тоннели» в 1949 г. Первым заведующим лабораторией стал Георгий Михайлович Власов, научное руководство было за Константином Константиновичем. С этого момента началось целенаправленное развитие мостовой школы педагогов, ученых, проектировщиков и строителей. Тесное взаимодействие кафедры и лаборатории давало свои плоды. Научные разработки в области теории железобетона, в создании и внедрении новых конструкций пролетных строений и сборно-монолитных опор включались в учебный процесс, что давало возможность выпускникам быть на острие современных достижений науки и техники.

За 26 лет работы в должности заведующего кафедрой и 12 лет в должности декана факультета «Мосты и тоннели» под руководством К. К. Яковсона и при его непосредственном участии подготовлены сотни инженеров-мостовиков, большая группа кандидатов и докторов технических наук.

В 60-е гг. прошлого столетия началось применение предварительно напряженного железобетона в пролетных строениях мостов под железную дорогу. Были разработаны типовые проекты пролетных строений, которые устанавливали на железных дорогах Сибири. Сотрудники ЛМК регулярно вели наблюдения более чем за 200 пролетными строениями.

На основании экспериментально-теоретических исследований были разработаны рекомендации по совершенствованию конструкций пролетных строений из предварительно напряженного железобетона, включенные в нормативный документ ВСН 151–78. С учетом этих рекомендаций Ленгипротрансмост разработал серию опытных пролетных строений. Лаборатория тщательно контролировала их изготовление на заводе, а затем наблюдала за их состоянием непосредственно на объектах.

Для оценки влияния климатических факторов пролетные строения были установлены в районах с различным климатом – от жаркого в Средней Азии до сурового в северных районах страны. Результаты проделанной работы были доложены и одобрены на объединенном заседании комиссии мостов и тоннелей Научно-технического совета Министерства путей сообщения (МПС) и секции строительства мостов Научно-технического совета Минтрансстроя СССР.

Одной из первых тем ЛМК, выполняемых по приказу МПС, было исследование напряженно-деформированного состояния пролетных строений в виде дисковых арок с разработкой рекомендаций по их расчету. Работа выполнялась комплексно экспериментально-теоретическими методами, предложенными Г. М. Власовым. В лаборатории была испытана модель железобетонного пролетного строения с применением дисковых арок фактически в натуральную величину, а также ряд мелкомасштабных моделей. Результаты выполненных исследований внедрялись в производство в виде осуществленных проектов, различных рекомендаций и заключений, а также вошли в учебную и техническую литературу.

Наряду с изучением состояния эксплуатируемых железобетонных пролетных строений в лаборатории были проведены исследования, связанные с разработкой новых конструкций

пролетных строений из сборного предварительно напряженного железобетона. По предложению К. К. Якобсона за основу была принята комбинированная система пролетных строений с решетчатыми фермами с ездой понизу. При подготовке к опытному строительству руководство всеми работами этого направления было поручено В. П. Устинову.

В 1963 г. по разработанному проекту было осуществлено строительство железнодорожного моста через р. Черту у г. Белово Кемеровской области с пролетным строением длиной 55 м в виде фермы из преднапряженного железобетона. В результате проведенного технико-экономического анализа различных серий пролетных строений, разработанных МИИТом, ЛИИЖтом и НИИЖТом, Ленгипротрансмост рекомендовал для внедрения в производство проект, основанный на работах НИИЖТа.

В 1975 г. кафедру «Мосты и тоннели» возглавил Г. М. Власов, а также он принял научное руководство лабораторией [6]. Основы взаимодействия кафедры и лаборатории, заложенные К. К. Якобсоном, были успешно продолжены Георгием Михайловичем. Результаты научных работ студентов и аспирантов регулярно внедрялись в учебный процесс. Многие разработки научных сотрудников проходили апробацию в дипломных проектах выпускников и в дальнейшем становились основой их кандидатских диссертаций.

В области металлических мостов главным направлением деятельности ЛМК были широкомасштабные обследования и испытания эксплуатируемых железнодорожных пролетных строений с оценкой их грузоподъемности и разработкой рекомендаций по дальнейшей эксплуатации. Одним из важнейших вопросов, решением которого занималась группа сотрудников под руководством К. Б. Бобылева и Б. А. Шишкина, была разработка методов оценки усталостной долговечности «старых» пролетных строений на базе теоретических и экспериментальных исследований в области усталости материалов, режимов нагруженности и статистики отказов элементов мостов.

Разработанная под руководством К. Б. Бобылева методика оценки усталостного ресурса элементов главных ферм была включена в Руководство по определению грузоподъемности

металлических пролетных строений железнодорожных мостов, утвержденное ЦП МПС в 1985 г.

С каждым годом на сети железных дорог СССР количество мостовых сооружений с железобетонными пролетными строениями, запроектированными по различным нормам и рассчитанными на разные нагрузки, только увеличивалось. Поэтому остро встал вопрос об определении их грузоподъемности с учетом фактического состояния. В ЛМК были проведены испытания крупномасштабных моделей плит балластного корыта при различных состояниях мостового полотна, которые позволили разработать рекомендации по уточнению расчетов грузоподъемности плиты балластного корыта. Предложения лаборатории вошли в новую редакцию Руководства по определению грузоподъемности железобетонных пролетных строений железнодорожных мостов 1989 г.

В 70-е гг. сооружение сборно-монолитных опор приобрело массовый характер. В то же время в них продолжали возникать дефекты в виде трещин в контурных блоках. Поэтому на основании приказов МПС, а также по заявкам управлений дорог и строительных организаций были развернуты широкомасштабные обследования построенных опор с целью оценки их технологических и эксплуатационных параметров применительно к различным климатическим зонам. Сотрудниками ЛМК были обследованы опоры мостов на Северном Урале и в Заполярье, в Средней Азии и Закавказье, в Хакасии и Туве, на Западно-Сибирской, Красноярской, Восточно-Сибирской, Байкало-Амурской, Львовской и Донецкой железных дорогах.

В ЛМК была разработана и предложена к внедрению нетрадиционная компоновка контурных блоков в сборно-монолитных опорах без перевязки вертикальных швов (В. Х. Снисар). Это повысило технологичность монтажных операций по сооружению опор, а также их общую трещиностойкость. Предложения ЛМК по компоновке контурных блоков без перевязки вертикальных швов были реализованы в разработанном Ленгипротрансом типовом проекте «Опоры унифицированных железнодорожных мостов для обычных и северных условий с применением изделий за-

водского изготовления», введенном в действие с 1 января 1991 г.

Восьмидесятые годы стали периодом подготовки к введению в эксплуатацию на сети железных дорог нового подвижного состава с повышенной грузоподъемностью. В соответствии с указаниями МПС лабораторией проведены работы по выборочному испытанию ряда металлических мостов, а также по перерасчету грузоподъемности большого числа пролетных строений старых проектировок. На основании результатов работы лаборатории на железных дорогах и в МПС разрабатывались организационно-технические мероприятия по реконструкции, замене и ремонту металлических мостов. В эти же годы были заложены основы по разработке критериев оценки технического состояния металлических мостов.

В 1993 г. кафедру «Мосты» возглавил д-р техн. наук, проф. В. М. Круглов и взял на себя научное руководство ЛМК. По его инициативе на базе ЛМК был создан Научно-инженерный дорожный центр, включавший в себя четыре лаборатории: лабораторию мостов, лабораторию диагностики автомобильных дорог, лабораторию оценки качества дорожных одежд и земляного полотна, лабораторию инженерной геологии, оснований и фундаментов.

В эти же годы в лаборатории мостов под руководством С. А. Бокарева активно велась работа по созданию Автоматизированной системы управления состоянием искусственных сооружений (АСУ ИССО), которая в последующем была внедрена на всей сети железных дорог России [7, 8].

Девяностые годы стали непростым испытанием для кафедры и лаборатории. Сложная обстановка в стране и отрасли привела к уходу ведущих сотрудников из лаборатории (Б. М. Вериге, Г. Н. Ильиных и др.). Группа тоннельщиков, входившая в состав лаборатории мостов, вышла из ее состава и была преобразована в лабораторию тоннелей и метрополитенов.

В итоге от 74 сотрудников, числившихся в 1984 г. в лаборатории, в 1995 г. осталось лишь 20 человек. Но в ЛМК остались работать опытные специалисты, такие как А. И. Кузьминых, Б. А. Рябышев, В. Х. Снисар, Ю. М. Широков и другие, обеспечившие преемственность поколений и высокий уровень выполняемых работ.

В 1995 г. лабораторию возглавил Ю. В. Рыбалов, и постепенно лаборатория опять начала вставать на ноги. В лаборатории был взят курс на изучение проблем искусственных сооружений автомобильных дорог. В эти же годы инициативной группой сотрудников была начата работа по созданию Автоматизированной информационной системы по искусственным сооружениям (АИС ИССО), которая в последующем была внедрена сначала на территориальных автомобильных дорогах, а затем и на всей сети федеральных автомобильных дорог России [9]. Постепенно в лаборатории начала появляться работа, увеличивался объем договоров, выпускники поступали в аспирантуру и оставались работать в лаборатории, численность лаборатории росла.

В период с 2002 по 2003 г. кафедру «Мосты» возглавлял д-р техн. наук, проф. В. П. Устинов, а в 2003 г., после успешной защиты докторской диссертации, кафедру возглавил С. А. Бокарев и стал научным руководителем лаборатории мостов.

Славные традиции мостовой школы были продолжены. Объем хозяйственной тематики с начала 2000-х гг. неуклонно возрастал. Увеличилось и количество научных публикаций сотрудников. Регулярно защищались диссертации на соискание ученой степени кандидата наук.

Начиная с 2010 г. сотрудники лаборатории активно регистрируют объекты интеллектуальной собственности: в среднем одна полезная модель и одно изобретение в год. Идет активная разработка сотрудниками программного обеспечения. В среднем регистрируется две программы в год [10].

Для успешного решения научных и практических задач перед лабораторией остро встала проблема нехватки современного измерительного оборудования. Поэтому были начаты работы по созданию собственных измерительных приборов. Для автоматизированного измерения физических параметров, сбора данных, а также обработки и представления информации характеризующих динамическое и статическое состояние объектов в режиме реального времени И. И. Снежковым были разработаны измерительные системы ТЕНЗОР И2С-08-128, Тензор-М и Тензор МС, которые в последующем были внедрены на сети железных дорог России.

К 2019 г. лаборатория стала стабильно работающим и динамично развивающимся подразделением, имеющим отличную репутацию ведущего коллектива в области эксплуатации железнодорожных и автодорожных сооружений. Во всех обсуждениях важных вопросов, встававших перед ОАО «РЖД», специалисты ЛМК принимали активное участие, выступая на научно-технических советах ОАО «РЖД» и дирекции инфраструктуры. По предложению С. А. Бокарева ЛМК в 2019 г. преобразована в Сибирский научно-исследовательский институт (СибНИИ) мостов, директором которого стал Ю. В. Рыбалов, научным руководителем – С. А. Бокарев.

В СибНИИ мостов создано семь структурных подразделений:

- 1) отдел «Диагностика и мониторинг мостов»;
- 2) отдел «Автоматизированные информационные системы и численные методы расчетов»;
- 3) отдел «Инновационные методы ремонта и усиления мостов»;
- 4) отдел «Композиционные материалы и конструкции»;
- 5) отдел «Долговечность мостов»;
- 6) база лабораторных экспериментальных исследований мостов;
- 7) проектное конструкторское бюро.

В настоящее время в штате СибНИИ мостов более 30 сотрудников. Ведущие сотрудники включены в учебный процесс кафедры «Мосты», и по старой традиции результаты многих научных исследований и актуальные вопросы транспортного строительства регулярно находят отражение в учебном процессе.

Кафедра «Мосты» и СибНИИ мостов в настоящее время представляют собой сплав молодости и опыта. Возраст большей части сотрудников не превышает 40 лет. Созданная большими учеными мостовая школа по-прежнему живет и развивается, а ее коллектив на высоком уровне подготавливает специалистов для транспортной отрасли России и занимается решением актуальных проблем для нужд народного хозяйства страны.

Кафедра «Геотехника, тоннели и метрополитены» была образована в 2016 г. в результате слияния двух кафедр факультета – выпускающей «Тоннели и метрополитены» и

общетехнической «Геология, основания и фундаменты». За время своего существования сотрудники этих двух кафедр вписали не одну славную страницу в историю подготовки высококвалифицированных инженерных кадров, историю развития строительной науки и всего дорожно-транспортного комплекса на территории России.

Кафедра «Тоннели и метрополитены» была образована в 1982 г., когда выделилась из состава кафедры «Мосты и тоннели». Это было время активного транспортного строительства по всей сибирской и дальневосточной территории нашей страны. Наши сотрудники обеспечивали научно-техническое сопровождение строительства тоннелей БАМа, железной дороги Абакан – Тайшет и множества других строек.

В это время потребность в инженерах-тоннельщиках была высока как никогда. В дополнение к таким крупным стройкам, как БАМ, где уже работали многие наши выпускники, добавился еще один знаковый для Новосибирска проект – строительство Новосибирского метрополитена.

Строительство метро в родном городе стало отдельной и очень яркой главой в истории кафедры. Одной из ключевых фигур, определивших саму возможность этого исторического события в жизни Новосибирска, стал профессор кафедры и ее первый заведующий Анатолий Константинович Поправко. В те годы на кафедре и в лаборатории трудились многие выдающиеся ученые-тоннельщики – С. А. Компаниец, Б. Е. Славин, Ю. Н. Третьяков, В. А. Главатских, Г. Н. Полянкин, В. А. Гурский, В. С. Молчанов, Ю. Н. Савельев и многие другие. Именно в этот период кафедра и НИЛ «Тоннели и метрополитены» превратились в крупный научно-исследовательский, практический и учебно-методический центр тоннеле- и метростроения.

Важнейшим принципом работы кафедры и лаборатории, заложенным в те годы, стало единство учебной, научной и практической и деятельности.

Основоположником тоннельной сибирской школы по праву считается А. К. Поправко, а с 1999 г. ее возглавил и развивал Г. Н. Полянкин. Интересно отметить, что Геннадий Николаевич начинал свою научную деятельность на кафедре «Геология, основа-

ния и фундаменты», защитив под руководством В. И. Пускова диссертацию, в которой впервые в нашей стране был применен метод конечных элементов (МКЭ) к расчету процессов морозного пучения грунтов. Эта работа стала классической.

Одним из наиболее ярких результатов многолетней и очень плодотворной работы кафедры стало то, что сегодня ни один сколь-нибудь значимый тоннельный объект или метрополитен в нашей стране немыслим без наших выпускников. Они, как правило, занимают большинство должностей – от инженера до генерального директора в проектных и подрядных организациях, а также в структурах заказчика. Олимпийские объекты в Сочи, метрополитены Москвы, Казани, Нижнего Новгорода и других городов – везде на ключевых инженерных должностях работали и продолжают работать наши выпускники.

Кафедра «Геология, основания и фундаменты». Преподавание курсов «Инженерная геология», «Основания и фундаменты» в нашем вузе началось в 1932 г., со времени его создания. Эти дисциплины читались на кафедре «Организация строительного производства», которую возглавлял профессор Владимир Маврикиевич Завадский; он же читал курс «Основания и фундаменты» как раздел строительного производства. «Инженерную геологию» преподавал геолог Ян Михайлович Пекарский. В этот же период на кафедре работал известный мерзлотовед Валериан Гаврилович Петров.

В середине 1930-х гг. дисциплину «Инженерная геология» принял Михаил Иванович Ломонович, впоследствии защитивший докторскую диссертацию. «Механику грунтов» преподавал канд. техн. наук, доц. Александр Васильевич Силенко, создавший лабораторную базу по механике грунтов. В 1941 г. А. В. Силенко перешел в Новосибирский строительный институт, где создал мощную школу оснований и фундаментов, а его курс продолжил читать инженер Владимир Алексеевич Соколов, окончивший НИВИТ в 1938 г. (отметим, что сегодня его правнук трудится на строительстве четвертого моста через Обь в Новосибирске).

В ноябре 1941 г. В. А. Соколов ушел на фронт, а дисциплину «Механика грунтов, ос-

нования и фундаменты» вел канд. техн. наук, доц. Сергей Сергеевич Ульрих, заведующий кафедрой «Строительное производство». Курс «Инженерная геология» во время войны преподавал проф. Макс Викторович Фремд.

С 1959 г. кафедра организационно оформилась как самостоятельная единица в составе факультета «Мосты и тоннели», а возглавил ее выпускник Иркутского государственного университета доц. Федор Андреевич Никитенко, который в течение многих лет работал на инженерно-геологических изысканиях в Центральной Сибири, на Дальнем Востоке, на изысканиях Байкало-Амурской магистрали. В 1964 г. Ф. А. Никитенко защитил докторскую диссертацию «Лессовые породы Новосибирского Приобья». В это время на кафедру пришли молодые талантливые ученые: Ю. И. Соловьев (Ленинградская школа), В. И. Пусков (Новосибирская школа), И. З. Лобанов (Днепропетровская школа) [11, 12].

Именно в эти годы был заново переоборудован и оснащен геологический кабинет, полностью оснащенный оборудованием лаборатории механики грунтов, механических испытаний и мерзлотоведения, организован полигон по инженерно-геологической практике. Огромный вклад в развитие лабораторной базы того времени внесли заведующие учебной лабораторией В. И. Пусков и П. С. Ваганов.

В 1964 г. на кафедре официально открыта аспирантура. За полвека прошли аспирантскую подготовку и защитили кандидатские диссертации более 30 человек.

С 1959 г. на кафедре защитили докторские диссертации шесть человек: Ф. А. Никитенко (1964 г.), Ю. И. Соловьев (1989 г.), В. И. Пусков (1994 г.), Ю. П. Смолин (2005 г.), А. М. Караулов (2009 г.), К. В. Королев (2015 г.).

В 1967 г. была организована научно-исследовательская группа (впоследствии – НИЛ) «Геология, основания и фундаменты». В разные годы эту группу возглавляли кандидаты технических наук П. С. Ваганов, В. В. Егоров, Д. Г. Господинов, А. М. Караулов, М. Я. Крицкий, А. Л. Ланис. Научное руководство хоздоговорной тематикой осуществляли ведущие преподаватели кафедры Ю. И. Соловьев, В. И. Пусков, С. И. Черноусов, И. З. Лобанов, Ю. П. Смолин, П. С. Ваганов, А. М. Караулов, М. Я. Крицкий, А. Л. Ланис.

Научное наследие кафедры велико, и здесь следует упомянуть:

- фундаментальные труды по инженерной геологии Ф. А. Никитенко и С. И. Черноусова;
- великолепные труды Ю. И. Соловьева, опередившие свое время (по упрочняющимся моделям, пространственному условию текучести и др.);
- блестящие работы В. И. Пускова по мерзлотоведению;
- работы И. З. Лобанова по определению напряженно-деформированного состояния железнодорожных насыпей;
- экспериментальные исследования П. С. Ваганова;
- исследования Ю. П. Смолина, посвященные динамическому поведению грунта железнодорожных насыпей;
- решения А. М. Караулова ряда крупных классических задач, которые долгое время считались нерешаемыми.

Учеными кафедры были опубликованы результаты исследований, значения которых для механики грунтов и подземного строительства исключительно велико:

- теория мгновенной прочности консолидирующихся грунтов;
- осесимметричная задача теории предельного равновесия грунтов;
- применение симплекс-метода для расчетов устойчивости;
- задача Прандтля в общем виде – сначала численное решение в 1979 г., а затем и замкнутое решение в 2012 г.

В разные годы кафедру возглавляли профессоры: Ф. А. Никитенко (1959–1980 гг.), Ю. И. Соловьев (1980–1984 гг.), С. И. Черноусов (1984–2005 гг.), А. М. Караулов (2005–2016 гг.), К. В. Королев (с 2016 г.).

С момента объединения двух кафедр в 2016 г. начинается современная история кафедры «Геотехника, тоннели и метрополитены». С этого времени была расширена и научная, и практическая тематика. Она стала охватывать весь спектр актуальных геотехнических проблем по всему комплексу подземного строительства – это нестандартные ситуации в метро- и тоннелестроении, изучение неблагоприятных инженерно-геологических условий, усиление и армирование грунтов, строительство в условиях плотной городской застройки.

ки, моделирование работы грунта при промерзании-оттаивании, анализ границ применимости численных методов, разработка современных и перспективных методов расчета и моделирования работы грунтов [13] и др.

В этот период усилиями сотрудников кафедры (проф. А. М. Караулов, доц. Д. С. Галтер и др.) удалось внедрить в Новосибирске новый тип фундаментов – фундаменты на вертикально армированном основании. Более десятка высотных зданий (по 20–25 этажей) на таких основаниях уже построены и эксплуатируются.

Кафедра известна целым рядом современных разработок: развитие теории сводообразования в скальных и дисперсных грунтах, решение задачи о напряженно-деформированном состоянии оттаивающих грунтов, анализ проблем в численных решениях.

Сегодня в составе кафедры работают: профессора А. М. Караулов, К. В. Королев, А. Л. Ланис, доценты Г. Н. Полянкин, Ю. Н. Савельев, А. Н. Гришин, А. Ф. Сухокурова, В. В. Бессонов, А. О. Кузнецов, В. А. Гурский, Д. С. Галтер, В. М. Немилостивых, преподаватели Н. А. Пушкина, Е. П. Дорофеева, Я. О. Стахнев, К. Н. Яковлев, инженеры Т. А. Усолкина, Э. А. Самолетов.

Следует особо подчеркнуть, что на сегодняшний день это единственная за Уралом кафедра, которая готовит инженеров-тоннелщиков на систематической основе. Как результат, наши выпускники работают на всех основных объектах подземного строительства в стране; карьерный рост наших выпускников на крупных объектах на порядок превосходит то, что показывают выпускники других вузов; количество заявок на наших выпускниковкратно превышает их количество; дипломные проекты, выполняемые нашими студентами, стабильно занимают первые места на конкурсах РЖД и Тоннельной ассоциации России, побеждая в сильнейшей конкуренции у столичных транспортных и горных вузов.

Все это стало возможным благодаря сочетанию трех факторов. Первый фактор – это сибирская тоннельная школа инженеров, созданная А. К. Поправко и Г. Н. Полянкиным. Второй – это авторитетная научная школа механики грунтов Ю. И. Соловьева и А. М. Караулова. Третьим фактором стало то, что вся научная и

учебная работа осуществляется в рамках факультета «Мосты и тоннели».

Можно констатировать, что в области геотехники, тоннеле- и метростроения за пределами Москвы и Санкт-Петербурга не существует научно-практических центров, сопоставимых по учебному, методологическому и расчетно-теоретическому потенциалу. Сохранение достигнутого совокупного потенциала кафедры и лаборатории и дальнейшее развитие этого потенциала не является только внутренним делом отдельного коллектива, а является вопросом обеспечения кадрами и научной базой, по сути, целой отрасли в масштабах страны. В 2022 г. это стало совершенно неоспоримым.

Кафедра «Строительная механика» была организована в 1932 г. До 1947 г. на кафедре велись разрозненные научные исследования по некоторым мало связанным между собой научным направлениям. Ф. И. Слюсарчук вел весьма перспективные исследования по проблемам оптимального проектирования, но работал в одиночку. Аналогично, без учеников работали профессор Н. М. Абрамов и И. В. Урбан.

Основоположником научной школы прочности по праву считается Авраам Яковлевич Александров. После защиты в 1947 г. докторской диссертации А. Я. Александров начал работать в Сибирском научно-исследовательском институте авиации (СибНИА) им. С. А. Чаплыгина и почти одновременно в НИВИТе. Его утвердили в ученом звании профессора, он стал начальником кафедры строительной механики, получил звание директора-полковника тяги и перешел на постоянную работу в наш вуз.

С приходом проф. А. Я. Александрова на кафедре началось усиленное развитие экспериментальной базы, была создана лаборатория фотоупругости, существенно расширена механическая лаборатория. Однако Авраам Яковлевич не прекращал работу в СибНИА. Здесь он руководил группой молодых исследователей в составе Л. М. Куршина, А. П. Прусакова, Л. Э. Брюккера и других, которая занималась созданием методов расчета и проектирования трехслойных пластин и оболочек. Итогом этого первого научного направления проф. А. Я. Александрова стали монографии [14, 15].

В 1947 г. вышла монография М. Фрохта «Фотоупругость» (переводное издание). Эта

книга произвела на Авраама Яковлевича большое впечатление. Он стал с присущей ему энергией заниматься созданием лаборатории фотоупругости в нашем институте и предложил принципиально новую схему поляризационно-оптического метода, которая впоследствии получила название метода фотоупругих покрытий. Это позволило решать методами фотомеханики не только упругие, но и упруго-пластичные задачи, задачи теории ползучести, определять остаточные напряжения в натурных изделиях, изучать закономерности деформирования в таких малых объемах, как зерно металла, и т. д. Своеобразным итогом этой большой работы, связанной как с созданием метода фотоупругих покрытий, так и с совершенствованием классических методов фотоупругости, стала монография [15], написанная А. Я. Александровым в соавторстве с М. Х. Ахметзяновым. Всего по этому направлению опубликовано около 40 работ, а цикл исследований завершился присуждением А. Я. Александрову и М. Х. Ахметзянову Государственной премии СССР в 1980 г.

В этой большой работе участвовали доценты Л. А. Краснов, В. Н. Агуленко, С. П. Васильев, В. А. Кушнеров, Ф. Ф. Плешаков, Г. Н. Албаут, В. Н. Барышников и др. В рамках этого направления позднее стали развиваться и другие оптические методы исследования деформаций на поверхности элементов конструкций, основанные на использовании лазеров. Это методы муаровых полос, голографической интерферометрии, спекл-интерферометрии. В этом направлении работали В. А. Жилкин, А. М. Попов, С. И. Герасимов, В. П. Кутовой, В. Б. Зиновьев, А. П. Устименко, А. Н. Черновол, В. П. Тырин, Л. А. Боряняк.

Одновременно с развитием направления, связанного с фотоупругими покрытиями, в лаборатории большое внимание уделялось созданию методов исследования пространственных задач, в частности очень перспективному методу рассеянного света. На полученные усовершенствования выдано шесть авторских свидетельств на изобретения. Большой вклад в эту работу внесли Ф. Ф. Плешаков, Р. А. Елистратов, а позднее В. М. Тихомиров.

Третье научное направление, которое начало развиваться с приходом проф. А. Я. Александрова в наш университет, связано с решением

пространственных задач теории упругости. Это наиболее сложный тип задач, для плоских или двумерных задач решения получаются проще. Здесь весьма эффективным оказалось применение аппарата теории функций комплексного переменного. Этот цикл исследований сразу же был замечен научной общественностью, и в 1964 г. проф. А. Я. Александрову была присуждена премия имени академика Б. Г. Галеркина, которая вручалась АН СССР один раз в два года и являлась самой престижной премией для механиков-упругистов.

Одним из первых аспирантов Авраама Яковлевича, работавшим по этому направлению, был Ю. И. Соловьев, который после защиты кандидатской диссертации предложил использовать для решения пространственных осесимметричных задач созданный им аппарат обобщенных аналитических функций и на этой основе подготовил докторскую диссертацию. Эти исследования были обобщены в монографии [16].

Еще в 1955 г. Авраам Яковлевич опубликовал в трудах НИИЖТа несколько статей, в которых были заложены основные идеи метода граничных интегральных уравнений в варианте способа компенсирующих нагрузок. Позже, в 70-х гг., он возвратился к этим идеям, но уже с использованием возможностей счета, предоставляемых ЭВМ. Созданная группа расчетчиков в составе Б. М. Зиновьева, Т. Ф. Кармановой, В. В. Шушунова активно занималась развитием этого очень перспективного направления.

В начале 60-х годов профессора А. Я. Александров и Л. М. Куршин совместно с В. К. Косенюком начинают заниматься вопросами выбора оптимальных параметров подкрепления отверстий в панелях. Это были первые шаги на пути оптимизации конструкций. Это направление продолжил И. Б. Лазарев, который развил методы оптимального проектирования конструкций (ОПК), стал известным специалистом в этой области и руководителем научной школы ОПК. Он подготовил несколько кандидатов наук, среди них В. П. Валуйских, А. И. Круглов, П. В. Грес, Е. В. Редьков, написал монографию [17].

Необходимо отметить также исследования в области моделирования задач механики

деформируемого тела. Наиболее существенные результаты были здесь получены проф. С. Д. Клячко и доц. В. Б. Геронимусом. С. Д. Клячко принадлежит приоритет в области установления аналогий между температурными и изотермическими задачами, между задачами теории пластичности для изотропных и анизотропных материалов что позволяет в ряде случаев упростить постановку эксперимента. В. Б. Геронимус развил идеи нелинейного подобия, стал известным специалистом в области моделирования, соавтором нескольких книг по подобию.

Развитые в нашей школе новые подходы широко использовались для решения многих инженерных проблем [18]. С сентября 1964 г. в нашем институте была организована отраслевая научно-исследовательская лаборатория прочности при кафедре строительной механики. Период наибольшего расцвета и плодотворной деятельности НИЛ прочности приходится на период 1970–1985 гг. В лаборатории в это время работало около 30 человек штатного состава и около 40 совместителей. Совместителями были профессора, доценты и преподаватели кафедр строительной механики, теоретической механики, математики, физики, мостов и др.

Научные исследования выполнялись по приказам Министерства путей сообщения СССР и хозяйственным договорам. Заказчиками были: МПС (Главное управление пути), ВНИИЖТ, службы пути Западно-Сибирской, Восточно-Сибирской, Забайкальской, Свердловской, Южно-Уральской и Алма-Атинской железных дорог, Сибирский НИИ авиации, Центральный аэрогидродинамический институт (ЦАГИ), КБ Туполева, предприятия Климовска, Миасса, Бийска, Ленинградский металлический завод, Институт электросварки имени Е. О. Патона и многие другие.

В итоге в СГУПСе сложилась уникальная школа по интерференционно-оптическим методам исследования задач механики твердого деформируемого тела.

По результатам работ, выполненных за все годы, было опубликовано 9 монографий; более 700 статей; защищено 63 диссертации, из них 45 кандидатских и 18 докторских. Докторские диссертации защитили: Л. М. Куршин (1966 г.), А. П. Прусаков (1966 г.), Г. П. Махо (1966 г.),

Ю. И. Соловьев (1967 г.), М. Х. Ахметзянов (1970 г.); С. Д. Клячко (1975 г.), И. Б. Лазарев (1980 г.), В. А. Жилкин (1984 г.), Б. П. Чебаевский (1986 г.), В. В. Бабков (1990 г.), А. С. Ракин (1990 г.), Б. М. Зиновьев (1990 г.), Л. А. Боряняк (1996 г.), С. И. Герасимов (1997 г.), Г. Н. Албаут (1999 г.), В. П. Кутовой (1999 г.), А. М. Попов (2000 г.), В. М. Тихомиров (2004 г.).

Кафедра «Теоретическая механика» – ровесница нашего вуза. Первым заведующим кафедрой стал проф. Александр Оскарович Рейн. К сожалению, сведений о нем мы не имеем. Возможно, он был репрессирован.

Известно, что 7 мая 1938 г. исполняющим обязанности заведующего был назначен канд. физ.-мат. наук, доц. Леонид Константинович Кудряшов. Под его руководством происходило становление кафедры, создавался ее коллектив, отрабатывалась методика преподавания теоретической механики. Основным направлением научной деятельности в тот период было приложение законов теоретической механики к разработке проблем авиации и судоходства.

В 1960 г., после переезда проф. Л. К. Кудряшова в Одессу, кафедру возглавил опытный педагог канд. физ.-мат. наук, доц. Владимир Иосифович Цацкис. В этот период сотрудники кафедры участвовали в исследованиях по различным проблемам железнодорожного транспорта. В 1960–1970 гг. сотрудники кафедры Андрей Филиппович Яшин, Виталий Михайлович Монастырный, Геннадий Павлович Курочкин, Николай Александрович Феденев активно включились в работу созданной в нашем университете отраслевой научно-исследовательской лаборатории «Обеспечение сохранности грузов при железнодорожных перевозках», где под руководством д-ра техн. наук, проф. Всеволода Киприяновича Бешкетова разрабатывались методы предотвращения потерь сыпучих грузов от выдувания и истечения их в щели подвижного состава.

Один год группу аэродинамики этой лаборатории возглавлял В. М. Монастырный. Под его руководством была построена малая аэродинамическая труба и осуществлены продувки модели грузового поезда, выполненные в масштабе 1 : 15, в большой аэродинамической трубе СибНИА, что позволило

выяснить причины выдувания сыпучих грузов во время их транспортировки.

А. Ф. Яшин занимался проблемами эффективного использования подвижного состава, в частности минераловозов. Им было разработано и внедрено разбрасывающее устройство, позволяющее практически на 100 % загружать сыпучими грузами полезный объем вагона. Результатом сотрудничества кафедры с лабораторией сохранности грузов стала защита кандидатских диссертаций А. Ф. Яшиным «Исследование процессов истечения сыпучих грузов при железнодорожных перевозках» (1970 г.), В. М. Монастырным «Воздушное сопротивление грузовых поездов» (1973 г.), Н. А. Феденевым «Нормирование убыли сыпучих грузов при железнодорожных перевозках» (1990 г.) [19].

В 1964 г. на нашу кафедру пришел в качестве ассистента Константин Леонидович Комаров, с 1969 г. он работал старшим преподавателем. Защитил кандидатскую диссертацию «Динамический расчет опор контактной сети электрических железных дорог» (1969 г.), стал доцентом. В 1970 г. он возглавил коллектив кафедры физики.

С приходом на кафедру в 1971 г. д-ра техн. наук, проф. Марата Халиковича Ахметзянова кроме традиционных научных направлений, связанных с проблемами лаборатории «Сохранность грузов при железнодорожных перевозках», появилось новое направление научных исследований – разработка и внедрение интерференционно-оптических методов исследования напряженно-деформированного состояния элементов конструкций. В результате этой работы Виталий Афанасьевич Жилкин защитил кандидатскую, а затем и докторскую диссертацию «Разработка и совершенствование интерференционно-оптических методов исследования деформированного состояния изделий» (1983 г.), состоялись защиты кандидатских и докторских диссертаций Сергеем Ивановичем Герасимовым «Накладная голографическая интерферометрия для исследования полей деформаций и напряжений в элементах конструкций» (1997 г.) и Анатолием Михайловичем Поповым «Разработка и совершенствование методов муаровых полос для исследования деформированного состояния элементов конструкций» (2000 г.).

В 1980 г. М. Х. Ахметзянов в составе группы видных ученых за цикл исследований по развитию поляризационно-оптических методов был удостоен Государственной премии СССР. В 1979 г. на кафедру пришел д-р техн. наук, проф. Бронислав Петрович Чебаевский, который активно включился в учебно-методическую и научную деятельность кафедры, связанную с решением задач механики деформируемого твердого тела.

С 1985 г. кафедру возглавил д-р техн. наук, проф. Виталий Афанасьевич Жилкин. Под его научным руководством в 1988 г. при кафедре была организована научно-исследовательская группа «Автоматизация экспериментальных исследований». Заведующим НИГ был назначен канд. техн. наук В. Б. Зиновьев. Основной задачей группы являлась разработка методов автоматизации оптической информации, получаемой с помощью экспериментальных методов, а также дальнейшее развитие оптико-геометрических методов исследования деформированного состояния изделий или их формы и формоизменения.

С 1989 г. по настоящее время руководство кафедрой и научное руководство НИГ осуществляет д-р техн. наук, проф. Анатолий Михайлович Попов. Основным направлением научной деятельности кафедры в этот период является создание и автоматизация новых и совершенствование традиционных оптических методов (методов «двойного» и голографического муара, голографической интерферометрии) исследования напряженно-деформированного состояния элементов конструкций различного назначения, а также форм и формоизменений различных тел [20, 21].

По заказам ведущих авиационных и ракетных предприятий страны – Центрального аэрогидродинамического института имени Н. Е. Жуковского, научно-производственного объединения (НПО) имени С. А. Лавочкина, Государственного ракетного центра имени академика В. П. Макеева и других – был выполнен и внедрен в научно-исследовательскую практику соответствующих предприятий ряд интересных научных разработок. Для ЦАГИ разработана методика исследования деформированного состояния вблизи вершины макро- и микротрещин; для НПО имени С. А. Лавочкина – методика исследования

рельефа лопаток турбин. В Государственном ракетном центре имени В. П. Макеева внедрена методика исследования формы и формоизменения крупногабаритных изделий специального назначения.

На кафедре выполнен большой объем научных работ и для гражданских предприятий. Канд. техн. наук, доц. Леонид Ильич Ким занимается разработкой и исследованием виброзащитных систем с применением корректоров жесткости (упругих устройств с отрицательной жесткостью). Канд. техн. наук, доц. Петр Олегович Ломов на базе НИЛ «Геология, основания и фундаменты» ведет большую научную работу, посвященную исследованию армированных геотехнических массивов с повышенными физико-механическими характеристиками, а также занимается вопросами геотехнического наблюдения за сооружениями, возведенными на усиленных грунтовых основаниях, выполняя большой объем хозяйственных работ. Канд. техн. наук, доц. Антон Сергеевич Самошкин совместно с д-ром техн. наук, проф. Виктором Михайловичем Тихомировым занимается разработкой численно реализуемой математической модели деформирования железобетона, учитывающей контактное взаимодействие арматуры с бетоном. Канд. техн. наук, доц. Виктор Владимирович Банул ведет исследования полимерных материалов и свойств покрытий на их основе, активно занимаясь патентной деятельностью.

Сотрудниками НИГ под руководством А. М. Попова впервые в России на основе проекционного муара была разработана методика исследования рельефа живого тела без дополнительной его обработки [21]. Данная методика предназначена для скрининга и контроля течения спинальных заболеваний и выполнялась совместно с Новосибирским институтом травматологии и ортопедии. Отличительной особенностью предложенного метода является его абсолютная безвредность, поэтому больные могут проходить данную процедуру практиче-

ски ежедневно. Первый вариант установки для контроля рельефа спины был изготовлен и установлен в санаторной школе-интернате для детей, больных сколиозом, в г. Молодечно (Республика Беларусь).

По заказу Центрального научно-исследовательского института строительных конструкций имени В. А. Кучеренко и Климовского завода прессового оборудования была разработана методика исследования изделий из композиционных материалов и древесины на основе метода голографического муара с применением высокочастотных металлизированных растров (порядка 1000 линий/мм). По заказу Новосибирского завода химконцентратов была разработана автоматизированная установка для исследования деформированного состояния нижней решетки тепловыделяющих элементов ядерных реакторов за пределами упругости [22].

Результаты научных исследований сотрудников кафедры и НИГ широко публикуются в отечественных и зарубежных изданиях, докладываются на всероссийских и международных научных семинарах, конференциях, симпозиумах и патентуются. За последние пять лет опубликовано 87 научных работ, в том числе 20 работ в журналах перечня ВАК, 8 – Scopus и WoS, подано 12 заявок на патенты, получено 8 патентов, выполнено хозяйственных работ более чем на 15 млн р.

Факультет «Мосты и тоннели» СГУПС сохраняет и развивает лучшие традиции российского образования в области мосто- и тоннелестроения. Фундамент нашей деятельности основан на глубоких и актуальных научных исследованиях, которые проводились преподавателями и сотрудниками факультета в области проектирования, строительства и текущего содержания искусственных сооружений. Нашей научной школе в 2022 г. исполняется 90 лет, и она уверенно продолжает свое движение вперед.

Список источников

1. Профессора Сибирского государственного университета путей сообщения : биографический справочник. В 3 т. Т. 1. НИВИТ (1932–1953 гг.) / авт.-сост. В. С. Матвиенко. Новосибирск : Изд-во СГУПС, 2017. 140 с.

2. Профессора Сибирского государственного университета путей сообщения : биографический справочник. В 3 т. Т. 2. НИИЖТ (1953–1993 гг.) / авт.-сост. В. С. Матвиенко. Новосибирск : Изд-во СГУПС, 2017. 199 с.
3. Профессора Сибирского государственного университета путей сообщения : биографический справочник. В 3 т. Т. 3. СГУПС (1993–2018 гг.) / авт.-сост. В. С. Матвиенко. Новосибирск : Изд-во СГУПС, 2019. 379 с.
4. Добровольский А. В. К вопросу об истории факультета «Мосты и тоннели» и кафедры «Мосты» // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения: Гуманитарные исследования. 2021. № 3 (11). С. 9–16.
5. Бахтин С. А., Верескун В. Д. Факультет «Мосты и тоннели» СГУПС: сегодня и завтра // Вестник мостостроения. 2007. № 1. С. 65–67.
6. Власов Г. М., Бокарев С. А. К расчету бетонных элементов мостовых конструкций с учетом упругопластических свойств бетона и трещинообразования // Автомобильные дороги и искусственные сооружения в условиях Дальнего Востока и Крайнего Севера : межвузовский сборник научных трудов. Хабаровск : Хабаровский политехнический институт, 1978. С. 68–70.
7. Малогабаритные автоматизированные системы для диагностики ИССО / С. А. Бокарев, А. Н. Яшнов, И. И. Снежков, А. В. Слюсарь // Путь и путевое хозяйство. 2007. № 9. С. 25–26.
8. Бокарев С. А. Автоматизированные информационно-аналитические системы управления техническим состоянием мостов // Транспорт Российской Федерации. 2005. № 1 (1). С. 58–59.
9. Результаты полномасштабного обследования и испытания сталежелезобетонных пролетных строений железнодорожных мостов Сибири и Дальнего Востока / С. А. Бокарев, Л. Ю. Соловьев, Д. Н. Цветков, Е. В. Рогова // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2009. № 2 (23). С. 160–170.
10. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ 2019660302 Рос. Федерация. АИС ИССО-н+ / Е. В. Картавых, Ю. В. Рыбалов, Ю. Н. Мурованный [и др.]. № 2019612864 ; заявл. 15.03.2019 ; опублик. 05.08.2019.
11. Инженерная геология СССР. В 8 т. Т. 2. Западная Сибирь. М. : Изд-во Московского государственного университета, 1976. 495 с.
12. Справочник геотехника. Основания, фундаменты и подземные сооружения / под общ. ред. В. А. Ильичева и Р. А. Мангушева. 2-е изд. М. : Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2016. 1034 с.
13. Королев К. В., Караулов А. М. Механика грунтов : учебник : в 2 т. М. : Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте, 2022.
14. Расчет трехслойных панелей / А. Я. Александров, Л. Э. Брюккер, Л. М. Куршин, А. П. Прусаков ; под общ. ред. А. Я. Александрова и Л. М. Куршина. М. : Оборонгиз, 1960. 270 с.
15. Александров А. Я., Ахметзянов М. Х. Поляризационно-оптические методы механики деформируемого тела. М. : Наука, 1973. 576 с.
16. Александров А. Я., Соловьев Ю. И. Пространственные задачи теории упругости (применение методов теории функций комплексного переменного). М. : Наука, 1978. 462 с.
17. Лазарев И. Б. Основы оптимального проектирования конструкций: задачи и методы / Сибирская государственная академия путей сообщения. Новосибирск : Изд-во СГАПС, 1995. 295 с.
18. Герасимов С. И., Чугреев С. А. Оптический неразрушающий контроль компакт-дисков / Сибирский государственный университет путей сообщения. Новосибирск : Изд-во СГУПС, 2014. 111 с.
19. Комаров К. Л., Яшин А. Ф. Теоретическая механика в задачах железнодорожного транспорта. Новосибирск : Наука, 2004. 296 с. (Механика транспортных систем).
20. Жилкин В. А., Попов А. М. Методы «двойного» и голографического муара // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. 1999. № 1. С. 107–130.
21. Popov A. M., Zinov'ev V. B., Kolesnikov A. V. Optimization of fringe pattern scheme registration in moire topography // Proceedings of SPIE – The International Society for Optical Engineering. 1996. Vol. 2791. P. 150–155.
22. Экспериментальное изучение изгиба густо перфорированной пластины / А. М. Попов, В. Б. Зинovieв, С. И. Герасимов, Л. А. Сподарева // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. 2021. № 2 (57). С. 99–105.

References

1. Matvienko V. S., author-compiler. Professors of the Siberian Transport University. Vol. 1. NIVIT (1932–1953). Novosibirsk: Publishing House of Siberian Transport University; 2017. 140 p. (In Russ.).
2. Matvienko V. S., author-compiler. Professors of the Siberian Transport University. Vol. 2. NIIZHT (1953–19930). Novosibirsk: Publishing House of Siberian Transport University; 2017. 198 p. (In Russ.).
3. Matvienko V. S., author-compiler. Professors of the Siberian Transport University. Vol. 3. STU (1993–2018). Novosibirsk: Publishing House of Siberian Transport University; 2018. 376 p. (In Russ.).
4. Dobrovolsky A. V. On the history of the Bridges and Tunnels faculty and the department Bridges. *The Siberian Transport University Bulletin. Humanitarian studies*. 2021;(11):9–16. (In Russ.).
5. Bakhtin S. A., Vereskun V. D. Bridges and tunnels faculty of STU: today and tomorrow. *Bulletin of Bridge Construction*. 2007;(1):65–67. (In Russ.).
6. Vlasov G. M., Bokarev S. A. To the calculation of concrete elements of bridge structures taking into account the elastic-plastic properties of concrete and cracking. *Highways and artificial structures in the conditions of the Far East and the Far North: intercollegiate collection of scientific papers*. Khabarovsk: Khabarovsk Polytechnic Institute; 1978. P. 68–70. (In Russ.).
7. Bokarev S. A., Yashnov A. N., Snezhkov I. I., Slyusar A. V. Small-sized automated systems for ISSO diagnostics. *Path and track economy*. 2007;(9):25–26. (In Russ.).
8. Bokarev S. A. Automated information and analytical systems for managing the technical condition of bridges. *Transport of the Russian Federation*. 2005;(1):58–59. (In Russ.).
9. Bokarev S. A., Solovyov L. Yu., Tsvetkov D. N., Rogova E. V. Results of a full-scale survey and testing of steel-reinforced concrete superstructures of railway bridges in Siberia and the Far East. *Bulletin of the Tomsk State University of Architecture and Civil Engineering*. 2009;(23):160–170. (In Russ.).
10. Kartavykh E. V., Rybalov Yu. V., Murovanny Yu. N. [et al.]. Certificate of state registration of the computer program No. 2019660302 Russian Federation. AIS ISSO-n+: No. 2019612864: application 15.03.2019: publ. 05.08.2019. (In Russ.).
11. Engineering geology of the USSR. Vol. 2. Western Siberia. Moscow: Publishing House of Moscow State University; 1976. 495 p. (In Russ.).
12. Geotechnics Reference book. Foundations, foundations and underground structures. Under the general editorship of V. A. Ilyichev and R. A. Mangushev. 2nd ed. Moscow: Publishing House of the Association of Construction Universities; 2016. 1034 p. (In Russ.).
13. Korolev K. V., Karaulov A. M. Soil mechanics: textbook in 2 volumes. Moscow: Educational and methodological center for education in railway transport; 2022. (In Russ.).
14. Alexandrov A. Ya., Brukker L. E., Kurshin L. M., Prusakov A. P. Calculation of three-layer panels. Under the general editorship of A. Ya. Alexandrov and L. M. Kurshin. Moscow: Oborongiz; 1960. 270 p. (In Russ.).
15. Alexandrov A. Ya., Akhmetzyanov M. H. Polarization-optical methods of mechanics of a deformable body. Moscow: Nauka; 1973. 576 p. (In Russ.).
16. Alexandrov A. Ya., Soloviev Yu. I. Spatial problems of elasticity theory (application methods of the complex variable functions theory). Moscow: Nauka; 1978. 462 p. (In Russ.).
17. Lazarev I. B. Fundamentals of optimal design of structures: tasks and methods. Novosibirsk: Publishing House of Siberian Transport Academy; 1995. 295 p. (In Russ.).
18. Gerasimov S. I., Chugreev S. A. Optical non-destructive testing of compact discs. Novosibirsk: Publishing House of Siberian Transport University; 2014. 111 p. (In Russ.).
19. Komarov K. L., Yashin A. F. Theoretical mechanics in railway transport problems. Novosibirsk: Nauka; 2004. 296 p. (Mechanics of transport systems). (In Russ.).
20. Zhilkin V. A., Popov A. M. Methods of double and holographic moire. *Bulletin of the Siberian Transport University*. 1999;(1):107–130. (In Russ.).
21. Popov A. M., Zinovyev V. B., Kolesnikov A. V. Optimization of fringe pattern scheme registration in moire topography. *Proceedings of SPIE – The International Society for Optical Engineering (see in books)*. 1996;2791:150–155.
22. Popov A. M., Zinovyev V. B., Gerasimov S. I., Spodareva L. A. Experimental study of the densely perforated plate bending. *The Siberian Transport University Bulletin*. 2021;(57):99–105. (In Russ.).

Информация об авторах

С. А. Бахтин – декан факультета «Мосты и тоннели» Сибирского государственного университета путей сообщения, кандидат технических наук, профессор.

С. И. Герасимов – заведующий кафедрой «Строительная механика» Сибирского государственного университета путей сообщения, доктор технических наук, профессор.

К. В. Королев – заведующий кафедрой «Геотехника, тоннели и метрополитены» Сибирского государственного университета путей сообщения, доктор технических наук, профессор.

А. Н. Иванов – заместитель заведующего кафедрой «Мосты» Сибирского государственного университета путей сообщения, кандидат технических наук, доцент.

А. М. Попов – заведующий кафедрой «Теоретическая механика» Сибирского государственного университета путей сообщения, доктор технических наук, профессор.

А. Н. Яшинов – заведующий кафедрой «Мосты» Сибирского государственного университета путей сообщения, кандидат технических наук, доцент.

Information about the authors

S. A. Bakhtin – Dean of the Bridges and Tunnels Faculty, Siberian Transport University, Candidate of Engineering, Professor.

S. I. Gerasimov – Head of the Construction Mechanics Department, Siberian Transport University, Doctor of Engineering, Professor.

K. V. Korolev – Head of the Geotechnics, Tunnels and Subways Department, Siberian Transport University, Doctor of Engineering, Professor.

A. N. Ivanov – Deputy Head of the Bridges Department, Siberian Transport University, Candidate of Engineering, Associate Professor.

A. M. Popov – Head of the Theoretical Mechanics Department, Siberian Transport University, Doctor of Engineering, Professor.

A. N. Yashnov – Head of the Bridges Department, Siberian Transport University, Candidate of Engineering, Associate Professor.

Статья поступила в редакцию 17.08.2022; принята к публикации 29.08.2022.

The article was submitted 17.08.2022; accepted for publication 29.08.2022.

К ЮБИЛЕЮ УНИВЕРСИТЕТА

Информационная статья
УДК 628
doi 10.52170/1815-9265_2022_62_105

Научно-исследовательская работа на факультете «Промышленное и гражданское строительство»

Константин Леонтьевич Кунц

Сибирский государственный университет путей сообщения, Новосибирск, Россия, k.l.kunc@yandex.ru

Аннотация. В статье рассмотрены вопросы становления и развития направлений научно-исследовательской работы и научных школ на кафедрах факультета «Промышленное и гражданское строительство» СГУПС. Выделены следующие этапы развития НИР:

1932–1941 гг. – начальный период, характеризующийся нехваткой высококвалифицированных научных кадров. Важное значение имело привлечение маститых ученых из Томска, Москвы, Новосибирска, которые заложили первые научные школы: архитектуры и градостроительства, железобетона, водоснабжения, ледотехники.

1941–1945 гг. – военное время, эвакуация в Новосибирск железнодорожных вузов из Москвы, Ленинграда и Днепропетровска. Профессора этих вузов подняли на новый уровень научно-исследовательскую работу в НИВИТе (прежнее название СГУПС), в том числе произошло формирование научной школы строительных материалов.

1946–1953 гг. – период восстановления разрушенного войной народного хозяйства. Отъезд ранее эвакуированных ученых. Продолжение работы заложенных научных школ.

1953–1992 гг. – период укрепления и расцвета научных школ на кафедрах факультета. Вузовская наука в числе приоритетных направлений развития экономики страны. Укрепление и развитие научных направлений и школ.

1992–2022 гг. – распад СССР, разрушительные экономические процессы, отток молодых ученых в бизнес, скудное финансирование науки. Но научные школы сохранены, исследования продолжаются; улучшение ситуации во второй половине этапа.

Ключевые слова: научные направления, научные школы, этапы становления и развития

Для цитирования: Кунц К. Л. Научно-исследовательская работа на факультете «Промышленное и гражданское строительство» // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. 2022. № 3 (62). С. 105–111. DOI 10.52170/1815-9265_2022_62_105.

TO THE ANNIVERSARY OF THE UNIVERSITY

Information article

Research work at Civil Engineering Faculty

Konstantin L. Kunts

Siberian Transport University, Novosibirsk, Russia, k.l.kunc@yandex.ru

Abstract. The article deals with the formation and the development of research work and scientific schools at the departments of the Civil Engineering Faculty in Siberian Transport University. Four stages of research development are distinguished:

1932–1941 – was the initial period in the history of the University, which was characterized by the lack of highly qualified scientific personnel. Of great importance is the attraction of the leading scientists from Tomsk, Moscow and Novosibirsk who laid the first scientific schools: architecture and urban planning, reinforced concrete, water supply and ice making.

1941–1945 – wartime period, the evacuation to Novosibirsk from Moscow, Leningrad and Dnepropetrovsk railway universities occurred. Professors of these universities raised the research work to a new level in NIVIT (the former name of STU); the formation of the building materials scientific school was organized.

1946–1953 – was the period of the national economy restoration devastated by the war. The departure of the previously evacuated scientists. The development of the scientific schools.

1953–1992 – is concerned with the period of strengthening and flourishing of scientific schools at the departments of the faculty. The university science is one of the priority directions of the country's economic development. Strengthening and development of scientific fields and schools.

1992–2022 – is the collapse of the USSR, destructive economic processes, outflow of young scientists to business, scarce financing of science. But the scientific schools have been preserved, research continues, improvement of the situation in the second half of the stage.

Keywords: scientific directions, scientific schools, stages of formation and development

For citation: Kunts K. L. Research work at Civil Engineering Faculty. *The Siberian Transport University Bulletin*. 2022;(62):105–111. (In Russ.). DOI 10.52170/1815-9265_2022_62_105.

В становлении и развитии направлений научно-исследовательской работы и научных школ на кафедрах факультета «Промышленное и гражданское строительство» (в 30-е годы – факультета «Здания на железнодорожном транспорте») можно выделить следующие этапы:

1932–1942 гг. Особенности этого этапа были обусловлены развернувшимся гигантским строительством промышленных зданий и сооружений. Требовалось огромное количество строительных материалов: стали, чугуна, бетона, дерева, кирпича. Силы молодых ученых были направлены на поиск и исследование местных строительных материалов, разработку технологий производства работ и организации строительства.

Молодой институт (НоПИИТ, а с 1934 г. НИВИТ) испытывал острую нехватку собственных научно-педагогических кадров. Приходилось активно привлекать маститых ученых из Томска, Новосибирска, Москвы. Так, знаменитый уже в то время архитектор проф. А. Д. Крячков [1], автор более 100 крупных зданий и сооружений в Сибири, в том числе знаменитого стоквартирного дома в Новосибирске, отмеченного дипломом первой степени, золотой медалью и Гран-при международной выставки искусств и техники в Париже в 1937 г., работал одновременно в Сибстрине и НоПИИТе – НИВИТе, заложил в нашем вузе архитектурную школу.

Профессор Н. С. Макеров [1] заведовал кафедрами «Водоснабжение и канализация» в НоПИИТе и Сибстрине, изучал шуго-ледовые условия на реках Сибири для обеспечения бесперебойной работы водозаборных сооружений, заложил основы знаменитой в будущем школы ледотехников.

Профессор Н. И. Молотилев [1], специалист по железобетону, автор монографии «Теория и практика железобетона», работал в

НИВИТе с 1932 по 1938 г., заложил научную школу железобетонщиков.

Вокруг этих профессоров образовалась плеяда молодых ассистентов и инженеров, которые «выстрелили» в послевоенное время и сделали научное имя НИИЖТу (третье название нашего университета).

1941–1945 гг. – военное время, поиск путей скоростного ремонта, восстановления и строительства промышленных объектов оборонного назначения, оказание помощи транспорту в обеспечении бесперебойного перевозочного процесса, минимизации трудовых и материальных затрат при строительстве гражданских и производственных объектов.

В НИВИТе эвакуируются МИИТ, ДИИТ и ЛИИЖТ (родственные железнодорожные вузы Москвы, Днепропетровска и Ленинграда). Институты были вывезены с научным оборудованием, что позволило ученым без промедления приступить к исследовательской работе, особенно в части оказания помощи стране в условиях военного времени. Исследования велись в направлении поиска местного сырья для изготовления строительных материалов и конструкций, технологий и методов скоростного ремонта и восстановления разрушенных зданий и сооружений, оптимальной организации труда на строительных площадках. В условиях острейшего дефицита металла большое внимание уделялось разработке конструкций из дерева и железобетона.

Приток маститых ученых поднял научную работу в НИВИТе на небывалую высоту, что сыграло огромную роль в формировании и воспитании научных кадров, оставшихся работать в послевоенное время в НИВИТе.

Следует выделить профессора ЛИИЖТа В. П. Петрова [1], который много сделал для создания научной школы по строительным материалам в НИВИТе.

1946–1953 гг. – период восстановления разрушенного войной народного хозяйства страны. Из НИВИТа уехали почти все ученые ранее эвакуированных вузов, своих высококвалифицированных кадров было мало, но тем не менее научные исследования продолжали развиваться. Наряду с проф. К. Н. Коржавиным [2] и доц. С. С. Ульрихом, Ф. П. Сивочкиным в эту работу активно включились молодые выпускники НИВИТа и других вузов Новосибирска: Г. И. Пирожков, Ф. Ф. Краснов, В. Т. Горбачев, Н. Г. Васильев, Ф. И. Траутвейн, И. Г. Чарушников, В. И. Саблин, В. Н. Шмигальский и др. [2].

Стали более четко прорисовываться контуры научных школ: ледотермики и ледотехники, железобетона, деревянных конструкций, строительных материалов, технологии и организации строительства.

1953–1992 гг. – период расцвета научных школ на кафедрах факультета. Гигантское строительство в Сибири, новые города, промышленные объекты, гидроэлектростанции, разработка богатейших месторождений нефти и газа, строительство БАМа и других железнодорожных магистралей. Ключевые позиции бетона и железобетона. Новые методы организации строительства и технологии производства работ. Огромное потребление водных ресурсов. Обострение экологических проблем. Колоссальные вложения в науку и образование. Ученые факультета активно откликнулись на запросы экономики страны.

На кафедре «Гидравлика и водоснабжение» под руководством проф. К. Н. Коржавина группой ученых в составе В. М. Самочкина, Ф. И. Птухина, В. К. Тройнина, А. Б. Ивченко, П. М. Постникова активно решалась проблема воздействия льда на опоры мостовых переходов, портовые и водозаборные сооружения, гидроэлектростанции и другие гидротехнические сооружения [2, 3]. К. Н. Коржавин и его ученики курировали строительство практически всех ГЭС и крупных мостовых переходов в Сибири. Результаты их исследований включены в строительные нормы и правила.

Под руководством проф. Н. Д. Артеменка коллективом в составе К. Л. Кунца, В. Г. Баталова, Э. М. Леонова, В. П. Панкова, И. В. Дедюхина проводились исследования по очистке подземных и поверхностных вод для целей во-

доснабжения населенных пунктов Сибирского региона. Были предложены и запатентованы уникальные технологии водоподготовки, материалы и конструкции очистных сооружений [4, 5].

Под руководством доц. И. К. Поклонского и Г. П. Сазанцева решались проблемы очистки нефтесодержащих сточных вод предприятий железнодорожного транспорта [5]. Доцент А. Т. Иващенко и его ученики внесли весомый вклад в гидравлику русловых процессов [5].

На кафедре «Строительные конструкции и здания» была организована НИЛ железобетона под руководством доц. Г. И. Пирожкова. Коллективом в составе Ю. М. Редько, В. Г. Диакковского, В. В. Габрусенко, В. М. Митасова, А. Я. Неустроева, М. Г. Мжельского, В. Д. Карелина, Н. В. Гука и др. проводились исследования конструкций из предварительно напряженного железобетона, разрабатывались методы расчета таких конструкций [6]. Исследованиями металлических конструкций успешно занималась группа ученых под руководством проф. В. С. Казарновского (К. Б. Бобылев, Л. С. Васильева, Ю. В. Астахов, Б. В. Устинов, С. А. Шуц) [6, 7]. Интересные и результативные исследования велись в области истории архитектуры сибирских городов (проф. В. Т. Горбачев) [8], архитектурного пропорционирования (доц. Г. М. Скуратовский) [9], разработки методов оценки технического состояния и усиления эксплуатируемых строительных конструкций (доц. А. Я. Неустроев) [6].

В НИЛ «Строительные материалы» велись активные исследования в области оптимизации бетонных смесей различного назначения, совершенствования бетоносмесительных машин (ст. науч. сотр. Б. С. Мосаков, В. Т. Богатырев) [2, 10], виброуплотнения бетонных смесей (проф. В. А. Шмигальский, ст. науч. сотр. В. А. Кочетов, Р. Г. Коломиец, В. Ц. Бернштейн), влияния климата на долговечность бетона транспортных сооружений (ст. науч. сотр. И. З. Актуганов, В. Ш. Нахшон, А. А. Пушкин), морозостойкости бетонов (В. В. Нижевясов, В. В. Шадрин), защитных полимерных покрытий (ст. науч. сотр. В. Е. Дубенчак, Г. В. Ксенофонов, И. Д. Метелкин), повышения надежности эксплуатации и снижения теплопотерь зданий и сооружений в суровых климатических условиях (ст. науч. сотр. А. П. Васьковский,

А. П. Богословский, Н. П. Маслов, С. А. Шинин) [6, 7].

Очень актуальные и интересные исследования проводились на кафедрах «Строительное производство» и «Экономика и организация строительства» (с 1989 г. – объединенная кафедра ТОиЭС). Отличительной особенностью коллективов обеих кафедр на этом этапе был огромный производственный опыт научно-педагогических кадров: С. С. Ульрих, В. И. Овечкин, А. А. Комаров, А. А. Ицкал, Г. С. Шемяковский, Д. Г. Одинцов, В. Ф. Чушняков, Г. К. Харадзе, Н. И. Есехин, Н. П. Пивцов, Д. С. Ефимкин, В. Б. Смирнов, Г. И. Автоманов, В. К. Суровцев, Л. И. Золотова и др. [2, 11].

Научная работа коллектива всегда была направлена на решение конкретных практических проблем, например:

- разработку комплексных сетевых графиков годовой программы строительно-монтажных работ строительных организаций Западно-Сибирской и Свердловской железных дорог;
- разработку вариантов кооперирования выпуска сборных железобетонных конструкций предприятиями Западно-Сибирской железной дороги;
- вариантное проектирование доставки грузов автомобильным, авиационным и речным транспортом для строительства Северо-Муйского тоннеля БАМа.

На кафедре «Химия» основная научная деятельность активизировалась с приходом в коллектив молодого талантливого д-ра хим. наук С. А. Кутолина. Было развернуто принципиально новое направление исследований, связанное с созданием кибернетических моделей в материаловедении. Кроме того, продолжались работы в области нанохимии, химии в строительстве, химии стекла и др. [2].

На кафедре «Графика» была хорошо поставлена научно-методическая работа, направленная на разработку рациональных методик преподавания графических дисциплин (доц. А. И. Шведчиков, Б. А. Маслов, Т. В. Андрюшина и др.).

1992–2022 гг. – распад державы, новые, часто разрушительные экономические процессы, развал промышленности. И в то же время расцвет строительства объектов гражд-

данского назначения (жилые и административные здания, торговые центры, гостиницы и др.); уход от типового строительства, новые архитектурные решения, новые строительные и отделочные материалы, новые технологии.

Дробление крупных строительных фирм на мелкие организации, экономия на научных исследованиях, заимствование импортных технологий и материалов, утечка в бизнес талантливейшей научной молодежи (уже в 90-е гг. количество научных работников, занимающихся только наукой, на факультете сократилось почти до нуля), обострение проблемы обеспечения населения чистой питьевой водой, нарушение бесперебойности водоснабжения.

Но наука не умерла! Она продолжала жить, опираясь на профессорско-преподавательский состав, который, благодаря новым формам платного образования студентов, не только не сократился, но даже несколько вырос. Успешно и плодотворно работали научные школы на кафедре «Гидравлика, водоснабжение, водные ресурсы и экология» [12]:

- очистка природных вод для целей хозяйственно-питьевого водоснабжения (проф. Н. Д. Артеменок, доц. К. Л. Кунц, В. Г. Баталов);
- очистка производственных сточных (проф. А. А. Рязанцев, доц. И. К. Поклонский, Д. В. Глазков);
- комплексное использование и охрана водных ресурсов (проф. Г. В. Белоненко, доц. А. Т. Иващенко, А. А. Мартыненко).

На кафедре «Строительные материалы» НИР сконцентрировалась на двух основных направлениях:

- механотехнологические основы оптимизации свойств цемента, бетонов (руководитель – проф. А. А. Ананенко) [13];
- антикоррозионная защита строительных изделий, конструкций и трубопроводных коммуникаций (руководитель – проф. В. Е. Дубенчак) [14].

На кафедре «Строительные конструкции и здания» продолжились исследования надежности стальных конструкций, эксплуатационной надежности и долговечности железобетонных конструкций (ст. науч. сотр. В. Г. Дьяковский, доц. А. Я. Неустроев, ст. науч. сотр. В. Д. Карелин, Н. В. Гук, доц. Н. С. Пичкурова), оценки влияния дефектов и поврежде-

ний на прочность и выносливость строительных металлоконструкций (проф. В. С. Казарновский, доц. К. Б. Бобылев, Л. С. Васильева, С. А. Шуц, Ю. В. Астахов) [12], разработка методов расчета конструкций повышенной сложности (доц. А. А. Новоселов, А. Н. Крестинин) [15]. Открылось новое направление, связанное с технической экспертизой существующих строительных конструкций, зданий и сооружений, с разработкой методов их усиления и продления сроков службы (ст. науч. сотр. М. А. Веснин). Продолжились работы архитектурной школы (проф. В. Т. Горбачев, доц. Г. М. Скуратовский, Д. В. Карелин, преп. О. В. Левина).

С того момента, как объединенную кафедру «Здания, строительные конструкции и материалы» возглавил профессор, д-р техн. наук Д. Э. Абраменков, развернулись научно-исследовательские работы в области создания новых и совершенствования существующих импульсных машин и механизмов для механизации строительных процессов [12].

На кафедру ТОиЭС пришли новые ученые: д-ра наук В. Я. Ткаченко, Б. С. Мосаков, В. С. Воробьев, Е. П. Жаворонков. Стали развиваться такие направления научных исследований, как системотехника железных и автомобильных дорог, теория зимнего бетонирования, методология комплексной механизации строительных процессов, инновационные энергосберегающие технологии в строитель-

стве, формирование опорной транспортно-логистической системы азиатской части России, управление организационно-технологическими системами транспортной инфраструктуры в условиях рисков [12].

На кафедре «Химия» с приходом д-ра техн. наук С. А. Шахова коллективом ученых в составе О. Э. Кошелевой, А. В. Шуваева, Е. И. Никитиной, Е. В. Роговой, А. С. Кожемяченко и др. были развернуты исследования свойств и разработка методов использования техногенных отходов в строительстве, транспорте, сельском хозяйстве; продолжилось изучение управления структурной организацией дисперсных систем посредством дисперсно-импульсных энергетических воздействий и ультрадисперсного модифицирования [12, 16].

На кафедре «Графика» группой ученых в составе О. Б. Болбат, Т. В. Андрушиной, А. В. Петуховой, Е. В. Руленковой, И. А. Сергеевой и др. в учебный процесс активно внедрялись компьютерные технологии, что требовало разработки новых научно-методических подходов к преподаванию графических дисциплин [17].

Судя по происходящим в 2022 г. событиям общественно-политического и военного характера, мы находимся на пороге нового этапа развития науки и техники в стране, в том числе и в Сибирском государственном университете путей сообщения. Ученые факультета ПГС готовы к работе в новых условиях.

Список источников

1. Профессора Сибирского государственного университета путей сообщения : биографический справочник. В 3 т. Т. 1. НИВИТ (1932–1953 гг.) / авт.-сост. В. С. Матвиенко. Новосибирск : Издательство Сибирского государственного университета путей сообщения, 2017. 140 с.
2. Профессора Сибирского государственного университета путей сообщения : биографический справочник. В 3 т. Т. 2. НИИЖТ (1953–1993 гг.) / авт.-сост. В. С. Матвиенко. Новосибирск : Издательство Сибирского государственного университета путей сообщения, 2017. 198 с.
3. Коржавин К. Н. Воздействие льда на инженерные сооружения. Новосибирск : Издательство СО АН СССР, 1962. 203 с.
4. Вопросы водоснабжения и канализации в условиях Сибири : межвузовский сборник научных трудов / под ред. К. Н. Коржавина. Новосибирск : НИИЖТ, 1979. 110 с.
5. Водоснабжение и борьба с ледовыми затруднениями при транспортном освоении нефтегазоносных районов Сибири : межвузовский сборник научных трудов / под ред. Н. Д. Артеменка. Новосибирск : НИИЖТ, 1988. 74 с.
6. Вопросы ускорения научно-технического прогресса на железнодорожном транспорте : тезисы научно-технической конференции. Новосибирск : НИИЖТ, 1986. 148 с.
7. Повышение надежности и эффективности работы железнодорожного транспорта : тезисы конференции. Новосибирск : НИИЖТ, 1987. 208 с.

8. Градостроительство Сибири / [В. Т. Горбачев, Н. Н. Крадин, Н. П. Крадин и др. ; под общ. ред. В. И. Царева]. Санкт-Петербург : Коло, 2011. 783 с.
9. Скуратовский Г. М. Искусство архитектурного пропорционирования. Новосибирск : Наука : Сиб. предприятие, 1997. 182 с.
10. Мосаков Б. С. Основы приготовления цементобетонных смесей и пути экономии цемента. Минеральные Воды : Северо-Кавказский филиал Белгородского государственного технологического университета имени В. Г. Шухова, 2009. 386 с.
11. Технология и экономика строительства. Проблемы и пути решения : сборник научных трудов / под ред. Б. С. Мосакова. Новосибирск : Сибирская государственная академия путей сообщения, 1997. 119 с.
12. Профессора Сибирского государственного университета путей сообщения : биографический справочник. В 3 т. Т. 3. СГУПС (1993–2018 гг.) / авт.-сост. В. С. Матвиенко. Новосибирск : Издательство Сибирского государственного университета путей сообщения, 2018. 376 с.
13. Ананенко А. А., Бабков В. В. Механотехнологические основы оптимизации свойств цементных бетонов. Новосибирск : Издательство Сибирского государственного университета путей сообщения, 2017. 226 с.
14. Ресурсосберегающие технологии : сборник научных трудов / под ред. В. Е. Дубенчака. Новосибирск : Сибирская государственная академия путей сообщения, 1997. Вып. 1. 80 с.
15. Методы расчетов зданий и сооружений и их совершенствование : сборник научных статей / под ред. А. А. Новоселова. Новосибирск : Издательство Сибирского государственного университета путей сообщения, 2011. 113 с.
16. Физико-химические аспекты получения материалов из природного и техногенного сырья : сборник научных трудов / под ред. С. А. Шахова. Новосибирск : Издательство Сибирского государственного университета путей сообщения, 2014. 143 с.
17. Графические дисциплины: современное состояние и перспективы развития, роль формирования инженерной культуры : сборник научных статей / под ред. О. Б. Болбат. Новосибирск : Издательство Сибирского государственного университета путей сообщения, 2006. 176 с.

References

1. Matvienko V. S., author-compiler. Professors of the Siberian Transport University. Vol. 1, NIVIT (1932–1953). Novosibirsk: Publishing House of Siberian Transport University; 2017. 140 p. (In Russ.).
2. Matvienko V. S., author-compiler. Professors of Siberian Transport University. Vol. 2, NIIZhT (1953–1993). Novosibirsk: Publishing House of Siberian Transport University; 2017. 198 p. (In Russ.).
3. Korzhavin K. N. Impact of Ice on Engineering Structures. Novosibirsk. Siberian Branch of the USSR Academy of Sciences; 1962. 203 p. (In Russ.).
4. Issues of Water Supply and Sewerage in Siberia. Interuniversity Collection of Scientific Works. Edited by K. N. Korzhavin. Novosibirsk: NIIZhT; 1979. 110 p. (In Russ.).
5. Water supply and fight against ice difficulties in the transport development of oil and gas regions of Siberia. Interuniversity collection of scientific papers. Edited by N. D. Artemenka. Novosibirsk: NIIZhT; 1988. 74 p. (In Russ.).
6. Acceleration of Scientific and Technical Progress on Railway Transport. Abstracts of Scientific and Technical Conference. Novosibirsk: NIIZhT; 1986. 148 p. (In Russ.).
7. Increase of reliability and effectiveness of railway transport. Abstracts of conference. Novosibirsk: NIIZhT; 1987. 208 p. (In Russ.).
8. Gorbachev V. T., Kradin N. N., Kradin N. P. [et al.]. Urban Development of Siberia. Edited by V. I. Tsarev. St. Petersburg: Kolo; 2011. 783 p. (In Russ.).
9. Skuratovsky G. M. The art of architectural proportionality. Novosibirsk: Nauka; 1997. 184 p. (In Russ.).
10. Mosakov B. S. Fundamentals of cement-concrete mixtures preparation and ways of cement economizing. Mineral waters: Belgorod State Technical University; 2009. 386 p. (In Russ.).
11. Technology and economics of construction. Problems and solutions. Collection of scientific works. Edited by B. S. Mosakov. Novosibirsk: Publishing house of Siberian Transport University; 1997. 119 p. (In Russ.).
12. Matvienko V. S., author-compiler. Professors of Siberian Transport University. Vol. 3, STU (1993–2018). Novosibirsk: Publishing House of Siberian Transport University; 2018. 376 p. (In Russ.).
13. Ananenko A. A., Babkov V. V. Mechanotechnological bases of optimizing the properties of cement concrete. Novosibirsk: Publishing House of Siberian Transport University; 2017. 227 p. (In Russ.).
14. Resource-Saving Technologies. Collection of Scientific Works, vol. 1. Edited by V. E. Dubenchak. Novosibirsk: Publishing House of Siberian Transport University; 1997. 80 p. (In Russ.).

15. Methods of buildings and structures calculation and their improvement. Collection of scientific papers. Edited by A. A. Novoselov. Novosibirsk, Publishing house of Siberian Transport University; 2011. 113 p. (In Russ.).

16. Physico-chemical aspects of obtaining materials from natural and man-made raw materials. Collection of scientific papers. Edited by S. A. Shakhov. Novosibirsk: Publishing House of Siberian Transport University; 2014. 143 p. (In Russ.).

17. Graphic disciplines: current state and prospects for development, the role of engineering culture formation. Collection of scientific articles. Edited by O. B. Bolbat. Novosibirsk: Publishing House of Siberian Transport University; 2006. 176 p. (In Russ.).

Информация об авторе

К. Л. Кунц – декан факультета «Промышленное и гражданское строительство» Сибирского государственного университета путей сообщений, кандидат технических наук, доцент.

Information about the author

K. L. Kunts – Dean of the Civil Engineering Faculty, Siberian Transport University, Candidate of Engineering, Associate Professor.

Статья поступила в редакцию 17.08.2022; принята к публикации 29.08.2022.

The article was submitted 17.08.2022; accepted for publication 29.08.2022.

К ЮБИЛЕЮ УНИВЕРСИТЕТА

Информационная статья

УДК 62

doi 10.52170/1815-9265_2022_62_112

Развитие научных школ факультета «Управление транспортно-технологическими комплексами»

Андрей Степанович Ильиных^{1✉}, Анатолий Васильевич Бабич,
Юрий Николаевич Сырямин², Сергей Алексеевич Бехер³, Виктор Иванович Кочергин⁴

^{1,2,3,4} Сибирский государственный университет путей сообщений, Новосибирск, Россия

^{1,2} asi@stu.ru ✉

³ behers@mail.ru

⁴ vkplus2011@yandex.ru

Аннотация. В статье изложена история становления и развития научных школ на факультете «Управление транспортно-технологическими комплексами» Сибирского государственного университета путей сообщения. Отмечены основные факторы, влиявшие на направления научных исследований, проводившихся на кафедрах факультета. Приведены ссылки на основные публикации по отмеченным научным направлениям.

В статье условно выделено четыре этапа развития научных школ: 1) от начала образования факультета до конца 1960-х гг.; 2) период 70–80-х гг. XX в.; 3) 1990–2000-е гг.; 3) настоящее время.

За более чем 60-летнюю историю факультета на кафедрах не только сохранились научные школы, образованные с появлением факультета, такие как: совершенствование конструкций путевых, строительного дорожных машин и оборудования, пневмоударное оборудование, совершенствование технологий снегоочистки железнодорожного пути, материаловедения и технологии конструкционных материалов, неразрушающий контроль объектов транспорта, но и возникли новые направления научных исследований: диагностика и мониторинг технического состояния объектов транспорта и реализации технологических процессов, виброударные технологии, совершенствование технологий шлифования и алюмотермитной сварки рельсов, ресурсосберегающие технологии и организация производства.

Ключевые слова: научные школы, научные направления, факультет УТТК, этапы развития

Для цитирования: Развитие научных школ факультета «Управление транспортно-технологическими комплексами» / А. С. Ильиных, А. В. Бабич, Ю. Н. Сырямин, С. А. Бехер, В. И. Кочергин // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. 2022. № 3 (62). С. 112–123. DOI 10.52170/1815-9265_2022_62_112.

TO THE ANNIVERSARY OF THE UNIVERSITY

Information article

Development of scientific schools of the Management of Transport Technological Complexes Faculty

Andrey S. Ilinykh^{1✉}, Anatoly V. Babich, Yury N. Syryamin²,
Sergey A. Bekher³, Viktor I. Kochergin⁴

^{1,2,3,4} Siberian Transport University, Novosibirsk, Russia

^{1,2} asi@stu.ru ✉

³ behers@mail.ru

⁴ vkplus2011@yandex.ru

Abstract. The article describes the history formation and development of scientific schools at the Management of Transport and Technological Complexes Faculty of Siberian Transport University. The main factors influencing the directions of scientific research conducted at the departments of the faculty are noted. Links to the main publications on the mentioned scientific directions are given.

The article conditionally identifies four stages of the scientific research development: 1) from the beginning of the faculty's formation to the end of the 1960s; 2) the period of the 70-80s of the XX century; 3) the 1990s-2000s; 3) the present.

Over the more than 60-year history of the faculty, the departments have not only preserved the scientific schools formed with the advent of the faculty, such as: improving the structures of track, road construction machinery and equipment, pneumatic impact equipment, improving the technologies of snow removal of railway tracks, materials science and technology of structural materials, non-destructive testing of transport facilities, but also new directions have emerged scientific research: diagnostics and monitoring of transport facilities technical condition and the implementation of technological processes, vibration shock technologies, improvement of technologies for grinding and aluminum-thermite welding of rails, resource-saving technologies and production organization

Keywords: scientific schools, scientific directions, MTTC faculty, stages of development

For citation: Ilinykh A. S., Babich A. V., Syryamin Yu. N., Bekher S. A., Kochergin V. I. Development of scientific schools of the Management of Transport Technological Complexes Faculty. *The Siberian Transport University Bulletin*. 2022;(62):112–123. (In Russ.). DOI 10.52170/1815-9265_2022_62_112.

Для Транссибирской магистрали 50-е гг. прошлого столетия были временем глубокой реконструкции: переход на электровозную тягу, увеличение скорости движения и массы поездов, использование подвижного состава повышенной грузоподъемности. Естественно, что эти мероприятия требовали серьезной реконструкции железнодорожного пути, огромные объемы и сложность которой не могли быть обеспечены без широкого применения путевых машин. Для грамотной производственной и технической эксплуатации таких машин и машинных комплексов, с целью получения максимальной производительности при выполнении путевых работ нужны были инженерные кадры. Решением Правительства СССР подготовка инженеров-механиков по специальности 0511 «Подъемно-транспортные, строительные, дорожные машины и оборудование» была поручена Новосибирскому институту инженеров железнодорожного транспорта.

Базой для подготовки таких специалистов стал факультет «Строительство железных дорог», куратором новой специальности был назначен канд. техн. наук, доц. Георгий Федотович Баланик. Первый прием студентов-механиков был проведен в 1956 г. На первый курс было принято 100 студентов. Это был выдающийся курс, который через пять лет показал самый высокий коэффициент выпуска за всю историю факультета, дипломы получили 79 молодых инженеров. Выпускники первого приема в дальнейшем сформировали основу научно-педагогического коллектива факультета, среди них: И. Г. Почуфаров, Г. Т. Ситкарев, В. К. Трофимов, Г. П. Задорин, Н. В. Мокин, Г. Ф. Тимофеев, Е. И. Поляков, С. А. Егоров. Этот выпуск дал три доктора наук, десять кандидатов наук, ряд заслуженных работников транспорта, строительства и других отраслей народного

хозяйства, депутатов законодательных органов и общественных деятелей.

В 1958 г., когда количество студентов, обучающихся по новой специальности, превысило 200 чел., в НИИЖТе был открыт новый факультет «Строительные и путевые машины» (СПМ). Первым деканом был назначен, а затем избран по конкурсу Р. Ф. Саблин. За плечами Романа Федоровича к этому времени были фронт (защита Ленинграда), ранение, учеба в Новосибирском инженерно-строительном институте имени В. В. Куйбышева, успешное его окончание, работа на производстве в системе Западно-Сибирского филиала АН СССР, должность главного технолога на одном из заводов среднего машиностроения. За успешную и плодотворную работу в этом качестве в 1954 г. ему было присвоено звание лучшего конструктора Министерства среднего машиностроения. С таким инженерным опытом и послужным списком Р. Ф. Саблин возглавил новый факультет СПМ.

Создание и становление факультета характеризуется большой и многоплановой работой: организация кафедр, подбор и расстановка научно-педагогических кадров, материальное и учебно-методическое обеспечение текущего учебного процесса, создание лабораторной базы, определение направления научно-исследовательской деятельности коллектива факультета.

Многоплановую поддержку и помощь новому факультету в этот период оказал ректор института проф. Николай Павлович Кондаков. Усилиями руководства вуза и декана факультета были вновь организованы: выпускающая кафедра «Строительные и путевые машины» (зав. кафедрой доц. Р. Ф. Саблин), сегодня это кафедра «Подъемно-транспортные, путевые, строительные и дорожные машины»

(ППСДМ), общеинженерная кафедра «Технология металлов» (зав. кафедрой канд. техн. наук, доц. К. И. Тушинская), ныне это кафедра «Технология транспортного машиностроения и эксплуатация машин» (ТТМ и ЭМ). Также в состав факультета вошли: кафедра «Энергетика» (зав. кафедрой доц. А. П. Афанасьев), сегодня это кафедра «Электротехника, диагностика и сертификация» (ЭДС), кафедра «Физика» (зав. кафедрой М. П. Карпова) и кафедра «История КПСС» (зав. кафедрой канд. ист. наук М. М. Шорников), сегодня это кафедра «История и политология».

С начала существования факультета неотъемлемой частью деятельности профессорско-преподавательского состава являлась научно-исследовательская работа, результаты которой активно внедрялись на производстве и в учебном процессе и расширяли возможности научно-исследовательской работы студентов. В прошлые годы значительная часть научных исследований была направлена на решение задач производственных подразделений железных дорог. Так, на кафедре «Строительные и путевые машины» исследования Г. П. Задорина по оптимизации режима работы рабочих органов путевых машин позволили повысить качество уплотнения балласта при капитальном ремонте пути, что сформировало условия для существенного повышения послеремонтной скорости движения поездов [1]. Исследования динамики путевых машин консольного типа в процессе транспортирования, выполненные Н. В. Мокиным, позволили существенно повысить скорость транспортирования машин тяжелого типа к месту производства работ, тем самым повысить эффективность использования путеремонтной техники. Большой объем научно-исследовательской и опытно-конструкторской работы по совершенствованию снегоуборочных машин выполнен коллективом научно-исследовательской группы под руководством В. М. Юферева. Итогом этой работы стала возможность контроля процесса наполнения снегом концевого полувагона, повышение безотказности снегоуборочного поезда, а также эффективности применения этого комплекса при очистке железнодорожного пути от снега и других засорителей. По результатам была написана и защищена кандидатская диссертация А. П. Филатовым [2].

Большую помощь в организации научно-исследовательской работы на кафедре оказали научные сотрудники Института горного дела Сибирского отделения Академии наук А. Д. Костылев, В. М. Владимиров, А. Н. Мошкин. Результатом такого сотрудничества стала тема научно-исследовательской работы по автоматизации фронтальных погрузчиков, исполнители – Р. Ф. Саблин и П. А. Михирев.

В основу научных исследований кафедры «Технология металлов» была положена проблема улучшения качества рельсовой стали для железнодорожного транспорта, необходимость решения которой вызывалась ростом объемов грузоперевозок на сети железных дорог, требующим от ученых поиска новых технических решений и путей продления сроков службы рельсов. Основная задача научного направления кафедры того времени – всестороннее исследование процесса микролегирования рельсовой стали титаном, ниобием, кальцием, алюминием. Решением этой задачи занимался коллектив молодых исследователей: А. Д. Стафеева и Н. М. Власова под руководством зав. кафедрой канд. техн. наук К. И. Тушинской. Полученные научные результаты позволили дать качественную и количественную оценку влияния неметаллических включений (нитридов и окислов железа) на прочностные характеристики рельсовой стали и были взяты за основу модернизации технологического процесса выплавки рельсовой стали [3]. Кроме того, в исследованиях Е. Н. Чернавского была научно обоснована возможность восстановления старогодных рельсов, что существенно снижало потребность путеремонтных служб в дорогостоящих новых рельсах. Результаты выполненной работы были приняты в качестве исходных данных для проектирования и изготовления рельсострогальных станков для предприятий железнодорожного транспорта. В дальнейшем они получили развитие в направлении оптимизации режимов резания и совершенствования конструкции режущего инструмента для обработки старогодных рельсов (канд. техн. наук, доц. Л. А. Полиновский, ст. преподаватель И. Г. Почуфаров) [4].

При кафедре «Энергетика» в рассматриваемый период времени была создана научно-исследовательская группа, руководил которой ст. преподаватель Дмитрий Павлович Инду-

каев. В ее состав входили Николай Антонович Кульба, ранее работавший электромехаником в 7-й дистанции сигнализации и связи Томской железной дороги, А. Г. Потапов – авиационный механик, служивший во время войны в авиационном полку, и М. Дударь, сведений о нем, к сожалению, нет.

В научно-исследовательской группе были разработаны системы электроснабжения и люминесцентного освещения почтово-багажного и пассажирского мягкого вагонов. Этими системами были оборудованы опытные образцы указанных вагонов на Ленинградском вагоностроительном заводе им. Егорова, они успешно эксплуатировались и на других железных дорогах СССР. Многие разработки научно-исследовательской группы были внедрены в массовое производство.

На кафедре «Физика» с момента своего образования активно велась научно-исследовательская работа, тематика которой была тесно связана с железнодорожным транспортом. В частности, первое поколение коллектива кафедры разрабатывало магнитную дефектоскопию рельсов, изучало применение вибрографа в железнодорожном деле. Так, Николай Михайлович Шилов, принимавший участие в создании и использовании для научных исследований вагона-дефектоскопа, пешком по рельсам прошел путь от Томска до Москвы. Впоследствии, под руководством М. П. Карповой, активно велась работа по металлографическим исследованиям развития трещин в рельсовой стали, разработке и использованию голографических и акустических методов неразрушающего контроля деформационного состояния и прочностных свойств твердых тел. В начале 1960-х гг. руководителем коллектива стал Г. И. Тарнопольский, сферой научных интересов которого являлся анализ усталостных повреждений и надежности железнодорожных рельсов с использованием стохастических методов. Эти работы велись совместно с другими кафедрами института.

К концу 60-х гг. задачи организации кафедр факультета СПМ, создания лабораторной базы и учебно-методического обеспечения учебного процесса были в основном решены. Факультет под руководством Б. М. Орлова (1964–1967), В. М. Хворостова (1967–

1986) продолжал работу по совершенствованию организационной, методической, воспитательной и научно-исследовательской работы. К этому времени получило признание на предприятиях железнодорожного транспорта и транспортного строительства высокое качество подготовки инженеров-механиков на факультете. Выпускников стали приглашать предприятия машиностроения, металлургии и горнодобывающей отрасли. Также к этому времени на факультете сложились основные научные направления.

Дальнейшее развитие сформировавшихся научных направлений связано с появлением на кафедрах молодых, талантливых преподавателей-ученых, которые определили научно-исследовательскую работу факультета до начала 1990-х гг.

На кафедре «Строительные и путевые машины» ключевую роль в 70–80-х гг. сыграли первые выпускники факультета Н. В. Мокин и Г. П. Задорин, а также выпускники факультета более поздних лет Б. Н. Смоляницкий и Ю. Н. Сырямин. Наиболее значимые научные разработки кафедры в этот период времени:

- «Исследование режимов работы машины ВПО-3000» (рук. В. М. Юферев); защищены кандидатские диссертации Г. П. Задорин и Е. И. Поляковым;

- «Разночастотная виброплощадка с автоматическим поддержанием постоянства мощности» (рук. Н. В. Мокин); защищена кандидатская диссертация Р. Г. Коломейцем;

- «Кольцевая пневмоударная машина для погружения в грунт элементов стержневого типа»; защищена кандидатская диссертация Ю. Н. Сыряминым и докторская диссертация Б. Н. Смоляницким;

- «Пневмоударные молотки»; защищена кандидатская диссертация Г. Ф. Тимофеевым;

- «Пневмотранспортная машина для уборки снега и засорителей с междупутий станций» (рук. Н. В. Мокин и А. П. Филатов); защищена кандидатская диссертация В. А. Гловым.

На кафедре «Технология металлов» заметную роль в дальнейшем развитии научной школы сыграла канд. техн. наук, доц. Людмила Борисовна Тихомирова. С ее приходом на кафедру в 1970 г. создаются новые лабораторные практикумы по основным учебным

курсам, исследовательские работы приобретают еще более глубокий характер, формируется важное направление научной школы кафедры – термопластическая обработка сталей. Серия теоретических и экспериментальных исследований в рамках этого научного направления, выполненных в 1970-х гг. под руководством Л. Б. Тихомировой, позволили впервые разработать технологию высокотемпературной термомеханической обработки стали с изотермическим распадом деформированного аустенита в бейнит (способ ВТМИЗО) [5]. Упрочнение стали У8 способом ВТМИЗО путем нагрева, деформации обжатием в валках прокатного стана, изотермической выдержки деформированного аустенита в соляной ванне приводит к значительному повышению прочности с сохранением достаточной пластичности.

Значительно вырос потенциал факультета с приходом из сельхозинститута двух кандидатов наук: В. А. Хворостова и А. В. Бабица – специалистов в области технологии ремонта машин. Под их руководством достаточно быстро была сформирована лабораторная база, позволившая не только качественно обучать студентов тонкостям эксплуатации и ремонта машин, но и открыть новое направление научных исследований – совершенствование технологий ремонта машин.

Кафедра «Энергетика» с 1976 г. стала называться кафедрой «Электротехника и автоматика». Ее состав дополнили специалисты с производственным опытом: кандидаты технических наук В. Е. Прядилов, И. П. Рябчун. На кафедре совместно с Институтом горного дела Сибирского отделения Академии наук СССР велись работы по разработке схем и отдельных узлов для автоматизации породопогрузочных машин.

В развитии существующих и создании новых направлений научных исследований на кафедре «Физика» в 70–80-х гг. активно участвовали К. Л. Комаров, А. В. Шарко, В. В. Муравьев, А. А. Ананенко, В. Е. Дубенчак, В. Ф. Глушков. В 1970-х гг. здесь начали заниматься новыми научными направлениями, связанными с использованием голографических и акустических методов неразрушающего исследования деформированного состояния и контроля прочностных свойств твердых тел. В 1988 г. по приказу Министерства путей сообщения

СССР при кафедре была создана отраслевая научно-исследовательская лаборатория «Физические методы контроля качества металла деталей и узлов подвижного состава». Более 70 % научных исследований выполнялись по тематике МПС по заявкам железных дорог.

Начало 90-х гг. ознаменовалось для факультета приходом новых талантливых ученых, внесших существенный вклад в развитие научных направлений исследований.

Кафедра ППСДМ пополнилась двумя специалистами, работавшими ранее в оборонной отрасли. Это были выпускник факультета СПМ А. П. Ткачук – ведущий конструктор, руководитель группы и канд. техн. наук В. Н. Анферов – руководитель научно-исследовательской лаборатории. Помимо ведения учебной работы, они активно включились в научные изыскания, что воплотилось в защиту (2002 г.) докторской диссертации В. Н. Анферовым и кандидатской диссертации А. П. Ткачуком. Валерий Николаевич Анферов более 20 лет плодотворно занимается исследованиями и созданием нового вида зубчатых (спиральных) передач. Под его руководством защищены шесть кандидатских диссертаций выпускниками факультета, поступившими в аспирантуру.

В 1998 г. зав. кафедрой ППСДМ стал д-р техн. наук Борис Николаевич Смоляницкий – выпускник факультета 1971 г., выдающийся организатор науки, прошедший школу СО РАН. Основные усилия нового заведующего были направлены на усиление научной составляющей в деятельности кафедры, что ему удалось в полной мере. Лучшие выпускники продолжали обучение в аспирантуре, защищали диссертации, становились квалифицированными научными сотрудниками. По этому пути за 20 лет прошло более 30 выпускников факультета, ставших научными сотрудниками Института горного дела СО РАН, доцентами СГУПС и других вузов.

Кафедру ТТМ и ЭМ в 1992 г. возглавил д-р техн. наук, проф. Владимир Анатольевич Каргин. Именно с этого времени началось активное привлечение на кафедру специалистов высшей квалификации и усилилась подготовка смены из выпускников факультета «Строительные и дорожные машины» (СДМ). Были приглашены доктора наук В. А. Аксе-

нов, В. А. Мухин, И. И. Гогонин, кандидаты наук С. В. Шишаев, Г. А. Паниев, В. А. Антипин, крупные специалисты-производители – генеральный директор ОАО «Строймеханизация» А. М. Шилов, главный инженер ОАО «Сибтрансмаш» В. Н. Дементьев, главный технолог ОАО «Сибтрансмаш» А. В. Коротков и др. Приход этих специалистов дал новый импульс к развитию научной школы кафедры. К 1997 г. в аспирантуру при кафедре были приняты выпускники факультета СДМ А. Л. Манаков, А. А. Кузьменя, А. Д. Абрамов, В. А. Шаламов, О. А. Шаламова, Е. О. Юркова.

Под руководством В. А. Каргина в эти годы формируется новое научное направление – виброударные технологии на железнодорожном транспорте. Начаты работы по созданию ручных низкочастотных машин ударного действия с электромагнитным приводом, отличающихся от существующих повышенной энергией единичного удара и наиболее приспособленных для реализации виброударных технологий [6].

Научным руководителем школы «Технология транспортного машиностроения и ремонт подвижного состава» В. А. Аксеновым основано и разработано новое, весьма перспективное научное направление – повышение эксплуатационной стойкости рельсов в пути шлифованием [7].

Кафедра ЭДС в 1993 г. была возглавлена д-ром техн. наук, проф. В. В. Муравьевым. На кафедре выполняются госбюджетные научно-исследовательские работы по следующим темам: разработка психолого-педагогических основ проектирования учебных дисциплин (рук. Т. Д. Меньшикова); научные основы создания и применения направленных ионизированных потоков воздуха для целей пылегазоочистки (рук. П. Т. Пономарев); разработка методики определения остаточного ресурса работы деталей, машин и конструкций железнодорожного транспорта в процессе эксплуатации с использованием физических методов неразрушающего контроля (рук. В. В. Муравьев); разработка обучающего компьютерного комплекса по дисциплине «Электротехника» (рук. Е. В. Лесных). На кафедру приходят опытные специалисты высокой квалификации, среди которых сотрудники Сибирского

научно-исследовательского института авиации им. С. А. Чаплыгина д-р техн. наук, проф. Людмила Николаевна Степанова и канд. техн. наук, доц. Галина Федоровна Рудзей.

Специалисты кафедры совместно с Сибирским научно-исследовательским институтом авиации им. С. А. Чаплыгина разработали методику контроля литых крупногабаритных деталей грузовых вагонов с помощью акустико-эмиссионного комплекса [8]. Разработано специализированное программное обеспечение для контроля литых деталей тележки, колесных пар, котлов цистерн и других объектов, которое позволяет определять местоположение источника акустической эмиссии, оценивать его размеры и степень опасности. Методика контроля литых деталей тележек грузовых вагонов акустико-эмиссионным методом была внедрена в вагонных депо станций Кеморо, Инская, Нижнеудинск и др.

В начале XXI в. кафедры факультета СДМ пополнились молодыми кадрами как из числа его выпускников, так и из других вузов.

На кафедру ППСДМ пришли молодые аспиранты и преподаватели Д. С. Воронцов, Н. А. Маслов, В. Ю. Игнатьев, Р. К. Коваленко, Е. Г. Куликова, А. Ю. Примычкин, А. В. Морозов. Они влились в научно-исследовательскую работу кафедры и под руководством профессоров Б. Н. Смоляницкого, В. Н. Анферова и Н. В. Мокина выполняли исследования, связанные с совершенствованием узлов и систем транспортных и транспортно-технологических машин и оборудования, а именно: изучали новые типы зубчатых (спиральных) передач [9], закрытые гидropередачи путевых машин [10], разрабатывали энергосберегающие технические средства для испытаний и диагностики гидромашин широкого спектра назначения [11], занимались созданием и модернизацией машин и комплексов оборудования для очистки железнодорожного полотна, автомобильных дорог и тротуаров от загрязнителей [12], уникального переносного комплекса оборудования для геологоразведки с различными приводами [13, 14], работали над созданием комплекса пневмоударных машин и оборудования для лечения земляного полотна автомобильных и железных дорог [15].

Кафедра ТТМ и ЭМ пополнилась молодыми сотрудниками: Б. Б. Турутиным, О. В. Дмитриевой, И. А. Филипповым, А. С. Ильиных, С. В. Щелоковым, В. Н. Фелеловым, К. А. Медведевым, Д. С. Поповым, А. В. Бугровым, Т. К. Тюнюковой, М. С. Галай. Основные направления научных исследований на кафедре в этот период времени можно разделить на несколько направлений: расширение области использования электромагнитных ударных машин и повышение эффективности их работы [16] (рук. – проф. В. А. Каргин); разработка и совершенствование ресурсосберегающих технологий содержания железнодорожного пути на основе технологии шлифования рельсов [17] (руководители – профессора В. А. Аксенов, Л. Б. Тихомирова, А. В. Бабич); литье по выплавляемым моделям с кристаллизацией под давлением [18] (рук. – проф. Н. М. Чернов).

На кафедре ЭДС молодыми сотрудниками С. А. Бехером, А. Л. Бобровым, К. В. Канифадным, Е. С. Тенитиловым, А. С. Кочетковым под руководством проф. Л. Н. Степановой активно проводятся исследования по разработке новых способов локализации дефектов при использовании акустико-эмиссионного метода [19]. Важным направлением работы кафедры в этот период становится проведение повышения квалификации работников предприятий железнодорожного транспорта по неразрушающему контролю и технической диагностике объектов транспорта, метрологическому обеспечению производства на предприятиях ОАО «РЖД».

За прошедшие годы многие молодые аспиранты и преподаватели выросли в самостоятельных ученых, а им на смену пришли новые, не менее талантливые аспиранты, которые продолжают развивать научные школы кафедр и получать значительные научные результаты.

В 2013 г. факультет получил современное название, более точно отвечающее концепции фундаментальной и специальной подготовки выпускников, – «Управление транспортно-технологическими комплексами» (УТТК).

В настоящее время на кафедре ТТМ и ЭМ сформировался ряд научных групп, ведущих разноплановые научные исследования.

Доценты А. Ю. Кирпичников, С. А. Коларж, А. А. Игумнов и преподаватель И. А. Кутень

под руководством проф. А. Л. Манакова проводят исследования в области диагностики и мониторинга технического состояния транспортных и транспортно-технологических средств, машин и оборудования, а также по операционного контроля выполняемых технологических операций при эксплуатации, ремонте и содержании железнодорожной инфраструктуры [20]. Под руководством проф. А. Д. Абрамова доц. Е. А. Ижбулдин занимается развитием виброударных технологий [21], аспирант М. А. Семенов – совершенствованием технологий эксплуатации снегоуборочных машин на железнодорожном транспорте [22]. Научный коллектив, состоящий из доцентов Е. О. Юрковой, О. А. Шаламовой и аспирантов Э. С. Бондарева, В. К. Милорадовича, под руководством проф. А. С. Ильиных занимается вопросами совершенствования организации производственного процесса шлифования рельсов, его автоматизации и компьютеризации, а также внедрения технологии скоростного шлифования рельсов [23, 24]. В рамках этого направления, совместно с АО «Калужский завод «Ремпутьмаш» реализуется проект создания нового рельсошлифовального поезда РШП 2.0 производительностью до 15 км/ч. Доценты М. С. Галай, К. А. Медведев и преподаватель Э. С. Сидоров ведут работу в области материаловедения и совершенствования процесса алумотермитной сварки рельсов [25]. Заведующим кафедрой В. И. Кочергиным, доцентом Е. А. Ижбулдиным и аспирантом Е. С. Зинченко совместно с сотрудниками кафедры ЭДС успешно выполнены стартап-проекты, предназначенные для повышения эффективности эксплуатации специального подвижного состава Уральской дирекции по эксплуатации путевых машин. Разработаны и прошли эксплуатационные испытания система определения предотказного состояния снегоуборочных машин и система оперативного контроля энергетической эффективности, ведутся работы по дальнейшему развитию комплексной системы дистанционного мониторинга подвижного состава [26].

Особое место среди выполняемых кафедрой ТТМ и ЭМ научных исследований занимают работы в области развития водородной энергетики, проводимые на основании договора о научно-техническом сотрудничестве с

Институтом катализа Сибирского отделения РАН [27]. В настоящее время сотрудниками кафедры В. И. Кочергиным, Е. С. Зинченко и С. А. Коларжем совершенствуется технология получения методом паровоздушной конверсии непосредственно на борту транспортного средства водородсодержащего синтез-газа и подачи его во впускной коллектор двигателя внутреннего сгорания. Также под руководством профессоров С. П. Глушкова и В. И. Кочергина проводятся исследования по совершенствованию виброзащиты подвижного состава и процессов автоматического регулирования частоты вращения энергетических установок [28, 29].

На кафедре ППСДМ научная работа связана с активным привлечением студентов к конструкторской и проектной деятельности. На базе кафедры создан проектный офис «Путевые машины», в рамках которого функционируют студенческое конструкторское бюро под руководством доц. Д. С. Воронцова и студенческое научное общество под руководством доц. Н. А. Маслова. Сегодня в проектном офисе ведется работа по проектированию нового рабочего оборудования рельсошлифовального поезда для реализации технологии скоростного шлифования рельсов. Аспирантом Д. И. Белосусом осуществляется активная работа по оценке возможности механизации и автоматизации процесса установки и снятия рельсовых креплений различных модификаций. Под руководством доц. Н. А. Маслова продолжаются работы по исследованию объемного гидропривода транспортных и транспортно-технологических машин и оборудования.

Научный коллектив кафедры ЭДС решает все виды научных и технических задач в области неразрушающего контроля и технической диагностики, автоматизированного управления и приборостроения.

Под руководством проф. Л. Н. Степановой проводятся комплексные исследования акустической эмиссии и тензометрии для контроля ответственных объектов транспорта. Доцент В. В. Чернова исследует и разрабатывает методики акустико-эмиссионного контроля и тензометрии современных композитных материалов для решения задач авиастроения [30]. Доцентом Е. С. Тенитиловым и

старшим преподавателем А. Н. Курбатовым выполняются исследования применения эффектов второго порядка малости – акустоупругости для решения задач мониторинга упругих напряжений в рельсовых плетях бесстыкового пути [31]. Профессор А. Л. Бобров, доценты Е. В. Бояркин, К. В. Власов, Т. В. Сыч, Е. В. Лесных, аспирант М. М. Кутень проводят важную для железнодорожной отрасли практическую работу по сертификации и повышению квалификации персонала в области неразрушающего контроля [32], научно-практическую работу по созданию методик и технологических инструкций контроля, паспортизации и изготовлению настроечных образцов [33]. Под руководством проф. С. А. Бехера ст. науч. сотр. А. А. Попков, доц. А. С. Кочетков, аспиранты В. С. Выплавень и М. А. Гуляев разрабатывают и внедряют на предприятиях железнодорожной отрасли программное обеспечение и технические средства для контроля и диагностики подвижного состава [34]: средства мониторинга подвижного состава в процессе эксплуатации, автоматизированные рабочие места подразделений контроля в вагоноремонтном комплексе, акустические средства контроля прессовых соединений колец подшипников с шейкой оси, измерения напряженности поля при проведении магнитопорошкового контроля, средства вибродиагностики, устройства для акустико-эмиссионного и тензометрического контроля. Методические вопросы применения разрабатываемых средств, их метрологического обеспечения и организации контроля на предприятиях вагоноремонтного комплекса решают аспиранты Д. И. Школина и А. О. Рыжова [35, 36].

Важной особенностью проводимых на факультете исследований является активное межкафедральное взаимодействие сотрудников и совместное выполнение научной работы. Это в значительной степени повышает как качество, так и результативность исследований.

Сегодня научные школы факультета УТТК – это дружный творческий коллектив ученых, которые имеют большой научный потенциал и вносят значительный вклад в теорию и практику ресурсосберегающих технологий. Впереди – новые планы, замыслы, новые ученики и исследования, новые вершины и достижения.

Список источников

1. Рабочий орган для уплотнения балласта выправочно-подбивочной машины : авторское свидетельство SU 1802025 A1. № 4851867 ; заявл. 18.07.1990 ; опубл. 15.03.1993 / Задорин Г. П.
2. Машина для уборки железнодорожных путей : авторское свидетельство SU 1546537 A1. № 4434173 ; заявл. 30.05.1988 ; опубл. 28.02.1990 / Мокин Н. В., Филатов А. П., Пташкин Л. Н.
3. Тушинский Л. И., Тихомирова Л. Б., Токарев А. О. Метод прямого структурного исследования горячей деформации углеродистой стали // Заводская лаборатория. 1979. № 3. С. 231.
4. Станок для обточки колесных пар : патент на изобретение 2126313 C1 Российская Федерация. № 98108089/02 ; заявл. 06.05.1998 ; опубл. 20.02.1999 / Аксенов В. А., Полиновский Л. А., Смагин Г. И.
5. Комплексное выявление структуры аустенита горячедеформированной углеродистой стали / Л. Б. Тихомирова, В. С. Власов, В. М. Потапов, А. А. Батаев // Структуры объемно и поверхностно упрочненной стали : межвузовский сборник научных трудов. Новосибирск, 1984. С. 66–68.
6. Теория и практика проектирования виброударных машин и технологий для строительства, ремонта и эксплуатации транспорта и транспортных систем / А. Д. Абрамов, В. А. Каргин, Н. А. Морозова, Т. К. Тюнюкова // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. 2003. Вып. 5. С. 27.
7. Аксенов В. А., Шаламов В. А., Кузьменья А. А. Передовые технологии восстановления рельсов в пути и управление качеством обработанных поверхностей при использовании рельсошлифовальных поездов // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. 1999. Вып. 2. С. 129.
8. Промышленные испытания ответственных объектов железнодорожного транспорта акустико-эмиссионным методом / В. В. Муравьев, Л. Н. Степанова, Е. В. Беспрозванных [и др.] // Неразрушающий контроль и диагностика : тезисы докладов 15-й Российской научно-технической конференции. 1999. С. 195.
9. Анферов В. Н. Расчет ресурса спироидных передач по износу // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2003. № 8 (536). С. 100–106.
10. Мокин Н. В., Маслов Н. А., Воробьев В. С. Совершенствование гидропривода машин // Проблемы транспортной механики : труды научных школ факультета «Управление транспортно-технологическими комплексами» (СДМ) СГУПС. Новосибирск, 2014. С. 49–55.
11. Стенд для испытания гидромоторов : патент на полезную модель 41812 U1 Российская Федерация. № 2004120155/22 ; заявл. 05.07.2004 ; опубл. 10.11.2004 / Маслов Н. А., Мокин Н. В.
12. Глотов В. А., Игнатьюгин В. Ю. Универсальная пневмоснегоуборочная машина // Строительные и дорожные машины. 2009. № 5. С. 17.
13. Воронцов Д. С., Тепляшин А. Н. Обоснование принципиальной схемы сейсмических импульсных генераторов для малоглубинных геофизических исследований // Проблемы безопасности и эффективности освоения георесурсов в современных условиях : материалы научно-практической конференции, посвященной 25-летию Горного института УрО РАН и 75-летию основателя и первого директора института члена-корреспондента РАН Аркадия Евгеньевича Красноштейна. Екатеринбург : Горный институт УрО РАН, 2014. С. 24–28.
14. Кордубайло А. О., Воронцов Д. С. Скваженный сейсмоисточник : тезисы докладов университетской конференции СГУПС. Новосибирск, 2016. С. 45–46.
15. Опыт сооружения стержневых креплений откосов грунтовых котлованов на строительных объектах г. Новосибирска / Б. Н. Смоляницкий, Ю. Н. Сырямин, А. Л. Ланис, П. Ю. Сырямин // Политранспортные системы : материалы VIII Международной научно-технической конференции в рамках года науки Россия – ЕС «Научные проблемы реализации транспортных проектов в Сибири и на Дальнем Востоке». Новосибирск, 2015. С. 666–670.
16. Каргин В. А., Абрамов А. Д., Галай М. С. Электромагнитные машины для упрочнения элементов пути // Мир транспорта. 2011. Т. 9, № 4 (37). С. 22–25.
17. Совершенствование технологического процесса шлифования рельсов в пути на основе применения новой схемы резания / В. А. Шаламов, В. А. Аксенов, А. С. Ильиных, С. В. Щелоков // Сборник докладов VII Российской научно-практической конференции. Оренбург, 2005. С. 381–394.
18. Медведев К. А., Чернов Н. М. Литье по выплавляемым моделям с кристаллизацией под давлением // Литейное производство. 2006. № 1. С. 20–23.
19. Акустико-эмиссионный контроль боковой рамы тележки грузового вагона / С. А. Грассман, А. А. Большанов, Л. Н. Степанова [и др.] // Железнодорожный транспорт. 2011. № 12. С. 45–47.
20. Игумнов А. А., Коларж С. А. Создание системы мониторинга технического состояния горных и путевых машин // Материалы конференции «Наука, образование, кадры» в рамках V Международного форума «Транспорт Сибири». Новосибирск : Сибирский государственный университет путей сообщения, 2016. С. 10–13.
21. Ижбулдин Е. А., Абрамов А. Д. Создание высоконагруженных виброзащищенных машин ударного действия // Дни науки – 2016 : тезисы докладов университетской конференции СГУПС. Новосибирск, 2016. С. 35–36.

22. Семенов М. А. Организация эксплуатации и рабочих процессов снегоуборочных машин типа СМ и ПСС на основе автоматизированного мониторинга // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. 2022. № 2 (61). С. 44–55.
23. Ilinykh A., Yurkova E., Aksenov V. Informatization of the Production Process of Rail Grinding in Transit // International Scientific Siberian Transport Forum “TransSiberia-2020”: Transportation Research Procedia. 2021. С. 388–396.
24. Ильиных А. С., Бондарев Э. С. Повышение результативности производственного процесса шлифования рельсов // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. 2022. № 1 (85). С. 126–142.
25. Совершенствование технологии алюминотермитной сварки рельсов на основе программного моделирования / А. С. Ильиных, М. С. Галай, Э. С. Сидоров, С. В. Щелоков // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. 2021. № 4 (59). С. 16–21.
26. Кочергин В. И., Зинченко Е. С. Оценка энергетической эффективности подвижного состава // Наука и молодежь СГУПС в третьем тысячелетии. Новосибирск : Изд-во СГУПС, 2021. Вып. 11. С. 31–37.
27. Глушков С. П., Кочергин В. И., Красников В. В. Влияние добавок водородсодержащего синтез-газа на технико-экономические показатели дизельных двигателей // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. 2017. № 1/2. С. 130–134.
28. Glushkov S. P., Kochergin V. I. Improvement of Machine Protection against // Transportation Research Procedia. 2022. Vol. 61. P. 265–273.
29. Technical State Monitoring of Automatic Control Systems / V. Kochergin, P. Plekhanov, D. Roenkov, E. Bogdanova // International Scientific Siberian Transport Forum “TransSiberia-2021”. P. 265–273.
30. Степанова Л. Н., Кабанов С. И., Чернова В. В. Локация сигналов акустической эмиссии от ударных воздействий на образец из углеродистого пластика при использовании антенн из пьезо- и волоконно-оптических датчиков // Дефектоскопия. 2022. № 4. С. 3–13. DOI 10.31857/S0130308222040017.
31. Степанова Л. Н., Курбатов А. Н., Кабанов С. И. Определение напряжения сжатия в рельсе с использованием эффекта акустоупругости и тензометрии. Контроль. Диагностика. 2021. Т. 24, № 7 (277). С. 14–23. DOI 10.14489/td.2021.07.pp.014-023.
32. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ 2019660433 Российская Федерация. Программа для организации и проведения технических занятий со специалистами по неразрушающему контролю «НКТЕСТ». № 2019619440 ; заявл. 30.07.2019 ; опубл. 06.08.2019 / Бехер С. А., Бобров А. Л., Бояркин Е. В. [и др.] ; заявитель Сибирский государственный университет путей сообщения.
33. Бехер С. А., Бобров А. Л., Большанов А. А. Анализ результатов неразрушающего контроля при дефовском ремонте деталей тележек грузовых вагонов // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. 2011. № 2 (42). С. 20–26.
34. Возможности идентификации дефектов в массивных литых конструкциях методами неразрушающего контроля / С. П. Шляхтенков, М. А. Гуляев, В. С. Выплавень [и др.] // Контроль. Диагностика. 2022. Т. 25, № 8 (290). С. 36–43. DOI 10.14489/td.2022.08.pp.036-043.
35. Мониторинг подразделений неразрушающего контроля на основе статистических критериев и инспекционного разрушающего контроля / Д. И. Школина, С. А. Бехер, А. О. Коломеец, А. Л. Бобров // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. 2022. № 1 (85). С. 46–53. DOI 10.46973/0201-727X_2022_1_46.
36. Контроль натяга колец подшипников поверхностными волнами с использованием эффекта акустоупругости / С. А. Бехер, Л. Н. Степанова, А. О. Рыжова, А. Л. Бобров // Дефектоскопия. 2021. № 4. С. 13–21. DOI 10.31857/S0130308221040023.

References

1. Zadorin G. P. Working body for sealing the ballast of the straightening and tamping machine: copyright certificate SU 1802025 A1. No. 4851867; application 18.07.1990; published 15.03.1993. (In Russ.).
2. Mokin N. V., Filatov A. P., Ptashkin L. N. Machine for cleaning railway tracks: copyright certificate SU 1546537 A1. No. 4434173; application 30.05.1988; published 28.02.1990. (In Russ.).
3. Tushinsky L. I., Tikhomirova L. B., Tokarev A. O. Method of direct structural study of carbon steel hot deformation. *Factory laboratory*. 1979;(3):231. (In Russ.).
4. Aksenov V. A., Polinovsky L. A., Smagin G. I. Wheelset turning machine: patent for invention 2126313 C1 Russian Federation. No. 98108089/02; application 06.05.1998; published 20.02.1999. (In Russ.).
5. Tikhomirova L. B., Vlasov V. S., Potapov V. M., Bataev A. A. Complex identification of the structure of austenite of hot-deformed carbon steel. *Structures of bulk and surface hardened steel: interuniversity collection of scientific papers*. Novosibirsk; 1984. P. 66–68. (In Russ.).

6. Abramov A. D., Kargin V. A., Morozova N. A., Tyunyukova T. K. Theory and practice of designing vibration impact machines and technologies for construction, repair and operation of transport and transport systems. *The Bulletin of the Siberian Transport University*. 2003;5:27. (In Russ.).
7. Aksenov V. A., Shalamov V. A., Kuzmenya A. A. Advanced technologies for restoring rails in transit and quality management of treated surfaces when using rail-grinding trains. *The Bulletin of the Siberian Transport University*. 1999;2:129. (In Russ.).
8. Muravyev V. V., Stepanova L. N., Besprozvannykh E. V., Kabanov S. I., Lebedev E. Yu., Kozhemyakin V. L., Bobrov A. L., Boyarkin E. V. Industrial tests of critical railway transport facilities by acoustic emission method. *Abstracts of the 15th Russian Scientific and Technical Conference Non-destructive testing and diagnostics*. 1999:195. (In Russ.).
9. Anferov V. N. Calculation of the resource of spiroid gears by wear. *News of higher educational institutions. Construction*. 2003;8(536):100–106. (In Russ.).
10. Mokin N. V., Maslov N. A., Vorobyev V. S. Improvement of hydraulic drive of machines. *Proceedings of the scientific schools of the Management of Transport Technological complexes Faculty of the STU Problems of transport mechanics*. Novosibirsk; 2014. P. 49–55. (In Russ.).
11. Maslov N. A., Mokin N. V. Stand for testing hydraulic motors: utility model patent RU 41812 U1. No. 2004120155/22; application 10.11.2004; published 05.07.2004. (In Russ.).
12. Glotov V. A., Ignatyugin V. Yu. Universal pneumatic snowplow. *Construction and road vehicles*. 2009;5:17. (In Russ.).
13. Vorontsov D. S., Teplyashin A. N. Substantiation of the schematic diagram of seismic pulse generators for shallow-depth geophysical research Problems of safety and efficiency of the development of geo-resources in modern conditions. *Materials of the scientific and practical conference dedicated to the 25th anniversary of the Mining Institute of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences and the 75th anniversary of the founder and first director of the Institute, corresponding member of the Russian Academy of Sciences Arkady Evgenyevich Krasnoshtein. Yekaterinburg: Mining Institute of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences*. 2014. P. 24–28. (In Russ.).
14. Kordubaylo A. O., Vorontsov D. S. Borehole seismic source: abstracts of the reports of the University conference of the Siberian Transport University. Novosibirsk; 2016. P. 45–46. (In Russ.).
15. Smolyanitsky B. N., Syryamin Yu. N., Lanis A. L., Syryamin P. Yu. Experience of construction of rod fastenings of slopes of ground pits at construction sites in Novosibirsk. *Materials of the VIII International Scientific and Technical Conference Polytransport Systems within the framework of the Year of Science Russia – EU Scientific problems of implementation of transport projects in Siberia and the Far East*. Novosibirsk; 2015. P. 666–670. (In Russ.).
16. Kargin V. A., Abramov A. D., Galay M. S. Electromagnetic machines for strengthening path elements. *The world of transport*. 2011;9(37):22–25. (In Russ.).
17. Shalamov V. A., Aksenov V. A., Ilinykh A. S., Shchelokov S. V. Improving the technological process of grinding rails in transit based on the use of a new cutting scheme. *Collection of reports of the VII Russian Scientific and Practical Conference*. Orenburg; 2005. P. 381–394. (In Russ.).
18. Medvedev K. A., Chernov N. M. Die casting with crystallization under pressure. *Foundry production*. 2006;1:20–23. (In Russ.).
19. Grassman S. A., Bolchanov A. A., Stepanova L. N., Becher S. A., Bobrov A. L., Kabanov S. I. Acoustic emission control of the side frame of a freight car trolley. *Railway transport*. 2011;12:45–47. (In Russ.).
20. Igumnov A. A., Kolarzh S. A. Creation of a system for monitoring the technical condition of mining and track machines. *Materials of the conference Science, Education, personnel within the framework of the V International Forum Transport of Siberia*. Novosibirsk: Siberian Transport University; 2016. P. 10–13. (In Russ.).
21. Izhbuldin E. A., Abramov A. D. Creation of highly loaded vibration-protected impact machines. *Abstracts of the university conference of the STU Days of Science – 2016*. Novosibirsk; 2016. P. 35–36. (In Russ.).
22. Semenov M. A. Organization of operation and work processes of snowplows of the SM and PSS type based on automated monitoring. *The Bulletin of the Siberian Transport University*. 2022;2(61):44–55. (In Russ.).
23. Ilinykh A., Yurkova E., Aksenov V. Informatization of the Production Process of Rail Grinding in Transit. *Transportation Research Procedia. International Scientific Siberian Transport Forum, TransSiberia 2020*. 2021. P. 388–396. (In Russ.).
24. Ilinykh A. S., Bondarev E. S. Improving the efficiency of the production process of grinding rails. *The Bulletin of the Rostov State Transport University*. 2022;1(85):126–142. (In Russ.).
25. Ilinykh A. S., Galay M. S., Sidorov E. S., Shchelokov S. V. Improving the technology of aluminothermite welding of rails based on software modeling. *The Bulletin of the Siberian Transport University*. 2021;4(59):16–21. (In Russ.).

26. Kochergin V. I., Zinchenko E. S. Evaluation of the energy efficiency of rolling stock. *Science and youth of the STU in the third millennium*. Novosibirsk: Publishing House of Siberian Transport University; 2021. Iss. 11. P. 31–37. (In Russ.).
27. Glushkov S. P., Kochergin V. I., Krasnikov V. V. Influence of hydrogen-containing synthesis gas additives on technical and economic indicators of diesel engines. *Scientific problems of transport in Siberia and the Far East*. 2017;1/2:130–134. (In Russ.).
28. Glushkov S. P., Kochergin V. I. Improvement of Machine Protection against. *Transportation Research Procedia*. 2022;(61):265–273.
29. Kochergin V., Plekhanov P., Roenkov D., Bogdanova E. Technical State Monitoring of Automatic Control Systems. *International Scientific Siberian Transport Forum TransSiberia-2021*. P. 265–273.
30. Stepanova L. N., Kabanov S. I., Chernova V. V. Location of acoustic emission signals from shock effects on a carbon fiber sample when using antennas from piezo- and fiber-optic sensors. *Flaw detection*. 2022;4:3–13. DOI 10.31857/S0130308222040017. (In Russ.).
31. Stepanova L. N., Kurbatov A. N., Kabanov S. I. Determination of compression stress in a rail using the effect of acoustic elasticity and strain gauge. *Control. Diagnostics*. 2021;24(277):14–23. DOI 10.14489/td.2021.07.014-023. (In Russ.).
32. Bekher S. A., Bobrov A. L., Boyarkin E. V. [et al.]. Certificate of state registration of the computer program No. 2019660433 Russian Federation. Program for organizing and conducting technical classes with specialists in non-destructive testing NCTEST. The applicant is the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Siberian Transport University (STU). No. 2019619440; application 30.07.2019; published 06.08.2019. (In Russ.).
33. Bekher S. A., Bobrov A. L., Bolchanov A. A. Analysis of the results of non-destructive testing during depot repair of freight cars truck parts. *The Bulletin of the Rostov State Transport University*. 2011;2(42):20–26. (In Russ.).
34. Shlyakhtenkov S. P., Gulyaev M. A., Vyplaven V. S. [et al.]. Possibilities of identifying defects in massive cast structures by non-destructive testing methods. *Control. Diagnostics*. 2022;25(290):36–43. DOI 10.14489/td.202. (In Russ.).
35. Shkolina D. I., Bekher S. A., Kolomeets A. O., Bobrov A. L. Monitoring of non-destructive testing units based on statistical criteria and destructive inspection control. *Bulletin of the Rostov State Transport University*. 2022;(85):46–53. DOI 10.46973/0201-727X_2022_1_46. (In Russ.).
36. Bekher S. A., Stepanova L. N., Ryzhova A. O., Bobrov A. L. Control of bearing rings tension by surface waves using the acoustoelasticity effect. *Flaw detection*. 2021;(4):13–21. DOI 10.31857/S0130308221040023. (In Russ.).

Информация об авторах

- А. С. Ильиных** – декан факультета «Управление транспортно-технологическими комплексами» Сибирского государственного университета путей сообщения, доктор технических наук, доцент.
- А. В. Бабич** – кандидат технических наук, профессор.
- Ю. Н. Сырямин** – доцент кафедры «Подъемно-транспортные, путевые, строительные и дорожные машины» Сибирского государственного университета путей сообщения, кандидат технических наук.
- С. А. Бехер** – заведующий кафедрой «Физика», начальник научно-исследовательской лаборатории «Физические методы контроля качества» Сибирского государственного университета путей сообщения, доктор технических наук, доцент.
- В. И. Кочергин** – заведующий кафедрой «Технология транспортного машиностроения и эксплуатация машин» Сибирского государственного университета путей сообщения, доктор технических наук, доцент.

Information about the authors

- A. S. Ilinykh** – Dean of the Management of Transport Technological Complexes Faculty, Siberian Transport University, Doctor of Engineering, Associate Professor.
- A. V. Babich** – Candidate of Engineering, Professor.
- Yu. N. Syryamin** – Associate Professor of the Lifting Transport, Track, Construction and Road Machines Department, Siberian Transport University, Candidate of Engineering.
- S. A. Bekher** – Head of the Physics Department, Head of the Physical Methods of Quality Control Research Laboratory, Siberian Transport University, Doctor of Engineering, Associate Professor.
- V. I. Kochergin** – Head of the Transport Mechanical Engineering Technology and Machine Maintenance Department, Siberian Transport University, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor.

Статья поступила в редакцию 17.08.2022; принята к публикации 29.08.2022.
The article was submitted 17.08.2022; accepted for publication 29.08.2022.

Информация для авторов

1. Предоставляемый материал должен быть оригинальным, не опубликованным ранее в других печатных изданиях.

2. Статья представляется в электронном виде в форматах doc, docx или rtf и одновременно в бумажном виде, отпечатанном в формате А4 с полуторным интервалом (гарнитура Times New Roman, кегль 14 pt; поля: верхнее и нижнее – 20, левое – 30, правое – 10 мм). Файл с текстом статьи должен быть назван фамилией автора (например: Иванов.doc).

3. Статья должна содержать:

- тип статьи (например, научная, обзорная, рецензия);
- УДК;
- название статьи;
- фамилию, имя и отчество каждого автора, место его работы/учебы, город, страну, ученую степень, звание, должность;
- аннотацию на русском и английском языках;
- ключевые слова на русском и английском языках;
- библиографический список на русском и английском языках.

4. Список источников составляется в порядке упоминания литературы в тексте и приводится в конце рукописи. Список должен содержать не менее 10 источников, из них собственных статей должно быть не более 30 %.

5. Графический материал должен быть выполнен в графических редакторах, поддерживающих векторную и растровую графику. Иллюстрации должны быть четкими, все подписи на рисунке должны хорошо читаться и иметь расшифровку. Если в тексте есть фотография, отсканированный рисунок, то они обязательно должны быть представлены также отдельным файлом в исходном графическом формате (например: jpeg, tiff).

6. Статья для опубликования в журнале и заявка отправляются по адресу: vestnik.stu@yandex.ru.

7. В редакцию предоставляются оригиналы документов: экспертное заключение о возможности опубликования статьи, статья и заявка.

8. Публикация статей в журнале бесплатная.

Более подробную информацию по вопросам опубликования статей и размещения другой информации в журнале можно найти на сайте издания.



www.stu.ru/science



vestnik.stu@yandex.ru



+7 383 328-04-36



630049, г. Новосибирск, ул. Дуси Ковальчук,
191, корп. 3, комн. 307



Главный редактор *А. Л. Манаков*
Заместитель главного редактора *А. Д. Абрамов*
Заместитель главного редактора *А. С. Ильиных*
Ответственный секретарь *М. С. Галай*
Редактор перевода текста на английский язык *И. И. Степачкова*
Редакторы: *Е. Е. Рыжкова, А. О. Елесина, Ю. В. Печенкина*
Корректор *Б. В. Устинов*
Макет, верстка *Ю. В. Борцовой*
Дизайн обложки *А. С. Петренко*

Учредитель
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Сибирский государственный университет путей сообщения»

Адрес редакции
630049, Россия, Новосибирск, ул. Дуси Ковальчук, 191, корп. 3, комн. 307.
Телефон/факс: (383) 328-04-36.
E-mail: vestnik.stu@yandex.ru

Адрес издателя
630049, Россия, Новосибирск, ул. Дуси Ковальчук, 191.
Телефон/факс: (383) 328-03-81.
E-mail: [bvuv@stu.ru](mailto:bvu@stu.ru)

Подписано в печать 21.09.2022. Дата выхода в свет 23.09.2022
Тираж 350 экз. Формат 60×84/8
Объем 15,0 уч.-изд. л., 15,75 усл.-печ. л. Заказ № 3767

Цена свободная

Отпечатано в издательстве СГУПС.
630049, Новосибирск, ул. Дуси Ковальчук, 191
Тел. (383) 328-03-81; e-mail: [bvuv@stu.ru](mailto:bvu@stu.ru)



Издательство Сибирского государственного
университета путей сообщения

ISSN 1815-9265
Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения
2022. № 3 (62). 1–125