

Петербургский государственный
университет путей сообщения
Императора Александра I



ИНФРАСТРУКТУРА ТРАНСПОРТА

№2(6) - 2023



УЧРЕДИТЕЛЬ:

Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I

Состав редколлегии

Главный редактор

Шварцфельд Вячеслав Семёнович, д-р техн. наук, проф.

Заместитель главного редактора

Бельтюков Владимир Петрович, д-р техн. наук, доц.

Ответственный секретарь

Булкаева Ольга Сергеевна, канд. техн. наук

Члены редакционной коллегии

Анисимов Владимир Александрович, д-р техн. наук, доц., г. ПГУПС, Санкт-Петербург

Афонин Дмитрий Андреевич, канд. техн. наук, доц., ПГУПС, г. Санкт-Петербург

Блажко Людмила Сергеевна, д-р техн. наук, проф., ПГУПС, г. Санкт-Петербург

Бушуев Николай Сергеевич, канд. техн. наук, доц., ПГУПС, г. Санкт-Петербург

Брынь Михаил Ярославович, д-р техн. наук, проф., ПГУПС, г. Санкт-Петербург

Быков Юрий Александрович, д-р техн. наук, проф., РУТ (МИИТ), г. Москва

Видюшенков Сергей Александрович, канд. техн. наук, доц., ПГУПС, г. Санкт-Петербург

Дудкин Евгений Павлович, д-р техн. наук, проф., ПГУПС, г. Санкт-Петербург

Киселев Игорь Павлович, д-р ист. наук, проф., ПГУПС, г. Санкт-Петербург

Коланьков Сергей Вячеславович, д-р экон. наук, доц., ПГУПС, г. Санкт-Петербург

Колос Алексей Федорович, канд. техн. наук, доц., ПГУПС, г. Санкт-Петербург

Ледяев Александр Павлович, д-р техн. наук, проф., ПГУПС, г. Санкт-Петербург

Подвербный Вячеслав Анатольевич, д-р техн. наук, доц., ИрГУПС, г. Иркутск

Романов Андрей Валерьевич, канд. техн. наук, доц., ПГУПС, г. Санкт-Петербург

Смирнов Владимир Игоревич, д-р техн. наук, доц., ПГУПС, г. Санкт-Петербург

Смирнов Владимир Николаевич, д-р техн. наук, проф., ПГУПС, г. Санкт-Петербург

Уздин Александр Моисеевич, д-р техн. наук, проф., ПГУПС, г. Санкт-Петербург

Фролов Юрий Степанович, д-р техн. наук, проф., ПГУПС, г. Санкт-Петербург

Чижев Сергей Владимирович, канд. техн. наук, доц., ПГУПС, г. Санкт-Петербург

Шкурников Сергей Васильевич, канд. техн. наук, доц., ПГУПС, г. Санкт-Петербург

Редактор перевода текста на английский язык

Булакаева Ольга Сергеевна, канд. техн. наук

Дизайн обложки: В.С. Шварцфельд

Сайт журнала: www.inftrans.ru

Адрес редакции:

190031, Россия, г. Санкт-Петербург, Московский пр. 9, кафедра «Изыскания и проектирование железных дорог», ауд. 1-407

Телефон: +7 (812) 570-7688

e-mail: kaf.iip@mail.ru

FOUNDER

Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University

EDITORIAN BOARD

Editor-in-Chief

V.S. Shvartfeld, Doctor of Engineering Sciences, Professor

Deputy Editor

V.P. Beltukov, Doctor of Engineering Sciences, Associate Professor

Coordinating Editor

O.S. Bulakaeva, Candidate of Engineering Sciences

Editors

V.A. Anisimov, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University, Saint-Petersburg – the chairman

D.A. Afonin, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University, Saint-Petersburg

L.S. Blazhko, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University, Saint-Petersburg

N.S. Bushuev, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University, Saint-Petersburg

M.J. Bryn, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University, Saint-Petersburg

J.A. Bykov, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Russian University of Transport (MIIT), Moscow

S.A. Vidyushenkov, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University, Saint-Petersburg

E.P. Dudkin, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University, Saint-Petersburg

I.P. Kiselev, Doctor of Historical Sciences, Professor, Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University, Saint-Petersburg

S.V. Kolankov, Doctor of Economics, Professor, Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University, Saint-Petersburg

A.F. Kolos, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University, Saint-Petersburg

A.P. Ledyayev, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University, Saint-Petersburg

V.A. Podverbny, Doctor of Engineering Sciences, Associate Professor, Irkutsk State Transport University, Irkutsk

A.V. Romanov, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University, Saint-Petersburg

V.I. Smirnov, Doctor of Engineering Sciences, Associate Professor, Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University, Saint-Petersburg

V.N. Smirnov, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University, Saint-Petersburg

A.M. Uzdin, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University, Saint-Petersburg

J.S. Frolov, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University, Saint-Petersburg

S.V. Chizhov, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University, Saint-Petersburg

S.V. Shkurnikov, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University, Saint-Petersburg

English Text Reviewer: *O.S. Bulakaeva*

Cover Designer: *V.S. Shvartfeld*

Web: <https://www.infrans>

Main contact details: 190031, Russia, St. Petersburg, Moskovsky ave. 9, Department of "Research and Design of Railways", room 1-407, Phone: +7 (812) 570-7688, e-mail: kaf.iip@mail.ru

СОДЕРЖАНИЕ

К 100-ЛЕТИЮ КАФЕДРЫ «ИЗЫСКАНИЯ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ» ПГУПС

| | | |
|---------------------------------|---|----|
| Бушуев Н.С. Шкурников С.В. | Вклад кафедры «Изыскания и проектирование железных дорог» в развитие скоростного и высокоскоростного движения в России | 6 |
| Милюшкан Ю.А. Рочев Н.А. | Вклад коллектива кафедры «Изыскания и проектирование железных дорог» ПГУПС в развитие наземной космической железнодорожной инфраструктуры в новой истории | 12 |
| Бушуев Н.С. Шкурников С.В. | Изысканиям и проектированию железных дорог в России – 100 лет. Основные этапы развития теории и практики | 19 |
| Конюхов А.П. | 100–летие кафедры «Изыскания и проектирование железных дорог» ПГУПС | 26 |
| Миронов В.С. Шварцфельд В.С. | К юбилею кафедры «Изыскания и проектирование железных дорог» ПГУПС | 30 |
| Брынь М.Я. | К 100-летию дружественной кафедры. Грани сотрудничества | 36 |
| Волков Б.А. | Кафедра, давшая путёвку в научно-педагогическую жизнь | 40 |

ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЙ ПУТЬ

| | | |
|---------------|--|----|
| Андреев А. В. | Определение возвышения наружного рельса. Учет стоимости жизненного цикла | 47 |
|---------------|--|----|

ИЗЫСКАНИЯ, ПРОЕКТИРОВАНИЕ И СТРОИТЕЛЬСТВО ТРАНСПОРТНЫХ ОБЪЕКТОВ

| | | |
|--|--|----|
| Шварцфельд В.С. Гасилина Е.Е. | Основные аспекты применения беспилотных летательных аппаратов при проектировании и эксплуатации железнодорожной инфраструктуры | 56 |
| Журавлев И.Н. Рейн Е.Г. Прохоров А.С. | Строительство железных дорог на многолетнемерзлых грунтах в Арктической зоне: исторический опыт и современные реалии | 63 |
| Чижов С.В. Свинцов Е.С. Суровцева О.Б. | Анализ роли данных в строительстве мостов | 74 |

CONTENTS

ON THE OCCASION OF THE 100th ANNIVERSARY OF THE DEPARTMENT OF «RAILWAY RESEARCH AND DESIGN» OF PGUPS

| | | |
|----------------------------------|---|----|
| N.S. Bushuev S.V. Shkurnikov | Contribution of the department of railway research and design to the development of high-speed and high-speed traffic in Russia | 6 |
| Y.A. Milyushkan N.A. Rochev | The contribution of the staff of the department of railway research and design of the PGUPS to the development of ground-based space railway infrastructure in modern history | 12 |
| N.S. Bushuev S.V. Shkurnikov | Railway research and design in Russia is 100 years old. the main stages of theory and practice development | 19 |
| A.P. Konyukhov | 100-th anniversary of the department of railway research and design | 26 |
| V.S. Mironov V.S. Shvartcfeld | To celebrate the anniversary of the department of «Research and design of railway engineering» of the PGUPS | 30 |
| M. Bryn | For the 100–th anniversary of the friendly department. the facets of cooperation | 36 |
| B. Volkov | The department that gave a start in scientific and pedagogical life | 40 |

RAILWAY TRACK

| | | |
|--------------|---|----|
| Andreev A.V. | Determination of railway curve superelevation. life cycle cost accounting | 47 |
|--------------|---|----|

SURVEY, DESIGN AND CONSTRUCTION OF TRANSPORT FACILITIES

| | | |
|---|---|----|
| V.S. Shvartcfeld E.E. Gasilina | The main aspects of the use of unmanned aerial vehicles in the design and operation of railway infrastructure | 56 |
| I.N. Zhuravlev E.G. Rein A.S. Prohorov | Construction of railways on permafrost soils in the Arctic zone: historical experience and modern realities | 63 |
| S. V. Chizhov E.S. Svintsov O.B. Surovtseva | Analysis of data role in bridge construction | 74 |

К 100-ЛЕТИЮ КАФЕДРЫ «ИЗЫСКАНИЯ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ» ПГУПС

УДК 656.022.8

Бушуев Н.С., Шкурников С.В.

Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, Санкт-Петербург, Россия

ВКЛАД КАФЕДРЫ «ИЗЫСКАНИЯ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ» В РАЗВИТИЕ СКОРОСТНОГО И ВЫСОКОСКОРОСТНОГО ДВИЖЕНИЯ В РОССИИ

В статье рассмотрены вопросы повышения скоростей движения поездов в Северо-Западном регионе нашей страны. Рассмотрены и проанализированы этапы научно-технических работ по решению вопросов проектирования высокоскоростных железнодорожных магистралей. Сделана подборка соответствующих публикаций по данному вопросу преподавателями кафедры «Изыскания и проектирование железных дорог» ПГУПС.

Ключевые слова: Скорость движения поездов, высокоскоростная железнодорожная магистраль (ВСМ), пассажирские перевозки, железнодорожное направление.

Bushuev N.S., Shkurnikov S.V.

Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University, Saint-Petersburg, Russia

CONTRIBUTION OF THE DEPARTMENT OF RAILWAY RESEARCH AND DESIGN TO THE DEVELOPMENT OF HIGH-SPEED AND HIGH-SPEED TRAFFIC IN RUSSIA

The article discusses the issues of increasing train speeds in the North-Western region of our country. The stages of scientific and technical work on solving the issues of designing high-speed railways are considered and analyzed. A selection of relevant publications on this issue has been made by the teachers of the Department of "Railway Surveys and Design" of the PSUPS.

Keywords: Train speed, high-speed railway (HSR), passenger transportation, railway direction.

Начиная с конца 1960-х, кафедра «Изыскания и проектирование железных дорог» под руководством заведующего кафедрой Воронина М.И. включилась в научные исследования по повышению скорости движения поездов в нашей стране.

Вначале это были исследования, связанные с повышением скоростей на линиях со сложным планом и профилем применительно к Мурманскому направлению Октябрьской железной дороги.

Затем кафедра приняла участие в целевых комплексных научно-технических программах «Ускорение» и «Прогресс». Кафедре было поручено отдельное направление Москва–Рига. Преподаватель кафедры Шкурников С.В. по данной тематике защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук. Весомый вклад в развитие методов и способов повышения скорости движения поездов внёс доцент кафедры Прасов Л.З. Кафедра приняла активное участие и в решении вопросов повышения скоростей движения поездов на эксплуатируемом главном ходу С.-Петербург – Москва.

В дальнейшем в 1970-х и 1980-х годах кафедра под руководством ВНИИЖТ МПС начала работать по проблеме сооружения высокоскоростной специализированной магистрали Москва – Юг. В 1989 году была утверждена Государственная научно-техническая программа «Высокоскоростной экологически чистый транспорт». Задачей программы являлось создание системы и технических средств наземного рельсового транспорта для пассажирских перевозок со скоростями до 350 км/ч. Она входила в число важнейших программ по приоритетным направлениям научно-технического прогресса, одобренных Советом Министров СССР. 07 февраля 1989 года Государственный комитет СССР по науке и технике и Президиум Академии наук СССР приняли Постановление №50/20 «О создании Научного совета по государственной научно-технической программе «Высокоскоростной экологически чистый транспорт». В составе этого совета была представлена и кафедра «Изыскания и проектирование железных дорог» в лице её заведующего Петрова В.М. В том числе и по инициативе кафедры в то время в состав первого перспективного направления ВСМ Москва – Юг в качестве головного участка был включен участок Санкт-Петербург – Москва.

Таким образом, уже к 1989 году, на кафедре был накоплен уникальный опыт решения многих проблемных научно-технических вопросов повышения скоростей движения поездов.

В дальнейшем все более актуальными становились вопросы проектирования новых высокоскоростных магистралей. В 2014 году под руководством кафедры «Изыскания и проектирование железных дорог» и при непосредственном участии ее коллектива были разработаны Специальные технические условия (СТУ) «Проектирование участка Москва – Казань высокоскоростной железнодорожной магистрали Москва – Казань – Екатеринбург со скоростями движения до 400 км/ч» [1], в которые позже были внесены необходимые изменения и дополнения [2, 3].

По тематике сооружения высокоскоростных железнодорожных магистралей (ВСМ) преподавателями и сотрудниками кафедры были написаны десятки научных статей [4-40]. Шульман (Миненко) Д.О. (2015 г.) и Булакаева (Моро-

зова) О.С. (2020) по тематике ВСМ защитили диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук.

В 2021 году при участии и координирующей роли кафедры «Изыскания и проектирование железных дорог» университетом разработаны специальные технические условия (СТУ) «Проектирование, строительство и эксплуатация высокоскоростной железнодорожной магистрали Москва – Санкт-Петербург (ВСЖМ – 1)» [41], а в 2023 году в них внесены Изменения 1 [42].

Сотрудники кафедры приняли активное участие и в разработке учебно-методических материалов по тематике проектирования и строительства ВСМ для студентов университета [43-45].

В настоящее время осуществляются работы по научно-техническому сопровождению реализации проекта сооружения ВСМ Москва – С.-Петербург.

Список литературы

1. Специальные технические условия. Проектирование участка Москва-Казань высокоскоростной магистрали Москва – Казань – Екатеринбург со скоростями движения до 400 км/ч. – СПб, ПГУПС, 2014. Согласованы заместителем министра строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации.

2. Специальные технические условия. Проектирование участка Москва-Казань- Екатеринбург со скоростями движения до 400 км/ч. Изменение 1 / решение Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ № 24651-ЕС/03 от 03.08.2016 г. – 70 с.– Текст: электронный // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов: [сайт]. –URL: <http://www.cntd.ru>(дата обращения 16.03.2022).

3. Специальные технические условия. Проектирование участка Москва – Казань высокоскоростной железнодорожной магистрали Москва – Казань – Екатеринбург со скоростями движения до 400 км/ч. Изменение 2. – Санкт-Петербург:Петербургский гос. ун-т путей сообщения, 2017. – 70 с.– Текст : непосредственный.

4. Бушуев Н.С., Миненко Д.О. Особенности формирования пассажиропотока на направлениях, включающих высокоскоростную магистраль. В сборнике: Транспорт XXI века: исследования, инновации, инфраструктура. Материалы научно-технической конференции, посвященной 55-летию Уральского государственного университета путей сообщения: в 2-х томах. Уральский государственный университет путей сообщения. 2011. – С. 724-727.

5. Бушуев Н.С., Левадная Н.В., Миненко Д.О. Особенности железнодорожных направлений, перспективных для организации скоростного и высокоскоростного движения поездов. В сборнике: Современные проблемы проектирования, строительства и эксплуатации транспортных объектов. Под редакцией Дудкина Е.П., Свинцова Е.С., 2011. – С. 77-80.

6. Миненко Д.О., Бушуев Н.С. Актуальные вопросы развития железнодорожных направлений, перспективных для организации высокоскоростного движения поездов. Научно-техническое и экономическое сотрудничество стран АТР в XXI веке. 2011. Т. 2. – С. 176-180.

7. Бушуев Н.С., Миненко Д.О. Оценка востребованности высокоскоростной железнодорожной магистрали на полигоне Санкт-Петербург – Москва. / Известия ПГУПС. Выпуск 2. – СПб: ПГУПС, 2013. – С. 5-11.

8. Бушуев Н.С., Миненко Д.О. Высокоскоростной железнодорожный транспорт и авиа-сообщение в борьбе за пассажира. Проектирование развития региональной сети железных дорог. 2013. № 1. – С. 43-48.

9. Алпысова В.А., Бушуев Н.С., Миненко Д.О. Моделирование и прогнозирование пассажиропотока высокоскоростной магистрали на примере поездов "САПСАН" направления Санкт-Петербург–Москва. Транспорт Урала. 2014. № 2 (41). – С. 50-53.
10. Шкурников С.В., Бушуев Н.С., Голубцов В.А. Общие требования к проектированию высокоскоростной железнодорожной магистрали Москва–Казань. Транспорт Российской Федерации. 2015. № 2 (57). – С. 26-29.
11. Бушуев Н.С., Шульман Д.О. Учет неопределенности исходной информации в математических моделях пассажиропотока высокоскоростной железнодорожной магистрали. Проектирование развития региональной сети железных дорог. 2015. № 3. – С. 104-409.
12. Бушуев Н.С., Шкурников С.В., Голубцов В.А. Особенности выбора параметров кривых на высокоскоростных магистралях при совмещённом движении пассажирских и специальных грузовых поездов. Проектирование развития региональной сети железных дорог. 2015. № 3. – С. 99-103.
13. Бушуев Н.С., Шкурников С.В. Нормативная база проектирования плана и продольного профиля ВСМ в России. В сборнике: Путь XXI века. Сборник научных трудов III международной научно-практической конференции, посвященной 205-летию создания Института Корпуса инженеров путей сообщения. 2015. – С. 134-135.
14. Бушуев Н.С., Шкурников С.В., Голубцов В.А. Взаимосвязанный выбор параметров плана ВСМ при совмещённом движении поездов. В сборнике: Путь XXI века. Сборник научных трудов III международной научно-практической конференции, посвященной 205-летию создания Института Корпуса инженеров путей сообщения. 2015. – С. 135-139.
15. Бушуев Н.С., Шульман Д.О. Особенности начертания сети высокоскоростных железнодорожных магистралей России с перспективой выхода на Донецк. В сборнике: Научно-технические аспекты комплексного развития транспортной отрасли. Сборник научных трудов по материалам II Международной научно-практической конференции в рамках Международного Научного форума Донецкой Народной Республики. 2016. – С. 161-164.
16. Бушуев Н.С., Шульман Д.О., Кузнецова Е.А., Арсенова А.С. Развитие высокоскоростного движения поездов в России и за рубежом. В сборнике: НЕДЕЛЯ НАУКИ-2016: Сборник лучших докладов студентов и аспирантов факультета «Транспортное строительство», Санкт-Петербург, 2016. – С. 29-32.
17. Бушуев Н.С., Шкурников С.В., Голубцов В.А. Рекомендации по выбору параметров круговых кривых при совмещённом движении высокоскоростных пассажирских и скоростных специальных грузовых поездов. Вестник Института проблем естественных монополий: Техника железных дорог. 2016. № 2 (34). – С. 71-75.
18. Бушуев Н.С., Шульман Д.О. Шестилетний опыт эксплуатации поездов «САПСАН» на направлении Москва – Санкт-Петербург. Проектирование развития региональной сети железных дорог. 2016. № 4. – С. 89-92.
19. Бушуев Н.С., Шкурников С.В., Голубцов В.А. Рекомендации по выбору параметров круговых кривых при совмещённом движении высокоскоростных пассажирских и скоростных специальных грузовых поездов. Вестник Института проблем естественных монополий: Техника железных дорог. 2016. № 2 (34). – С. 71-75.
20. Бушуев Н.С., Шульман Д.О. О перспективах развития высокоскоростных железнодорожных магистралей в России. Бюллетень результатов научных исследований. 2017. № 3. – С. 7-14.
21. Морозова, О.С., Шкурников С.В. Опыт совмещённого высокоскоростного пассажирского и грузового движения в странах Европейского союза // Бюллетень результатов научных исследований. – 2017. – № 4. – С. 32-40. – EDN YTEPUE.

22. Бушуев Н.С., Свинцов Е.С., Шульман Д.О. Оценка туристической активности в зоне тяготения ВСМ. В книге: Перспективы будущего в образовательном процессе. Сборник тезисов национальной научно-технической конференции. 2017. С. 28-30.
23. Бушуев Н.С., Шульман Д.О. Оценка перспектив развития высокоскоростного железнодорожного и авиационного транспорта на направлении В сборнике: Развитие инфраструктуры и логистических технологий в транспортных системах (РИЛТТРАНС-2017). Материалы Второй международной научно-практической конференции. 2018. – С. 219-223.
24. Бушуев Н.С., Шульман Д.О. Пассажиропоток, реализуемый поездами «САПСАН» на направлении Москва – Санкт-Петербург. В сборнике: Актуальные проблемы развития транспортной инфраструктуры. сборник научных трудов. 2018. – С. 86-88.
25. Бушуев Н.С., Шульман Д.О. Оценка перспектив развития высокоскоростного железнодорожного и авиационного транспорта на направлении Москва – Санкт-Петербург. В сборнике: Развитие инфраструктуры и логистических технологий в транспортных системах (РИЛТТРАНС-2017). Материалы Второй международной научно-практической конференции. 2018. – С. 219-223.
26. Киселев И.П., Блажко Л.С., Брынь М.Я., Бурков А.Т., Бушуев Н.С., Гапанович В.А., Дьяченко Л.К., Захаров В.Б., Китунин А.А., Колос А.Ф., Костенко В.В., Ледяев А.П., Мизинцев А.В., Никитин А.Б., Панычев А.Ю., Плеханов П.А., Романов А.В., Рыбин П.К., Саввов В.М., Сероносов В.В. и др. Том 1. (2-е издание, переработанное и дополненное) Москва, 2018.
27. Бушуев Н.С., Шкурников С.В., Голубцов В.А. Бушуев Н.С., Шульман Д.О. Сагайдак К.М. Анализ динамики пассажиропотока поездов "САПСАН" и авиационного транспорта на линии "Москва - Санкт-Петербург" до 2025 г. Бюллетень результатов научных исследований. 2019. № 1. – С. 5-14.
28. Бушуев Н.С., Шульман Д.О., Сагайдак К.М. Modeling of container freight and passenger traffic. В сборнике: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 12th International Scientific Conference on Agricultural Machinery Industry, INTERAGROMASH 2019. – С. 212–226.
29. Бушуев Н.С., Шульман Д.О., Сагайдак К.М. О проектах высокоскоростных железнодорожных магистралей в России и в мире. Проектирование развития региональной сети железных дорог. 2019. № 7. С. 73-77.
30. Саренков В.М., Колос А.Ф., Шкурников С.В., Бушуев Н.С., Морозова О.С. Анализ влияния глобальных экономических процессов на изменение спроса в международных высокоскоростных железнодорожных грузовых перевозках. Проектирование развития региональной сети железных дорог. 2019. № 7. С. 49-56.
31. Киселев И.П., Блажко Л.С., Брынь М.Я., Бурков А.Т., Бушуев Н.С., Гапанович В.А., Дьяченко Л.К., Захаров В.Б., Китунин А.А., Колос А.Ф., Костенко В.В., Ледяев А.П., Мизинцев А.В., Никитин А.Б., Панычев А.Ю., Плеханов П.А., Романов А.В., Рыбин П.К., Саввов В.М., Сероносов В.В. и др. Высокоскоростной железнодорожный транспорт. Общий курс. Учебное пособие для студентов вузов железнодорожного транспорта в 2-х томах / Том 1. (2-е издание, переработанное и дополненное) Москва, 2020.
32. Бушуев Н.С., Шульман Д.О., Сагайдак К.М. Высокоскоростной железнодорожный транспорт мира в год десятилетия поездов «САПСАН» в России. В сборнике: Развитие инфраструктуры и логистических технологий в транспортных системах (РИЛТТРАНС-2019). Сборник трудов. 2020. С. 169-175.
33. Морозова, О. С., Шкурников С.В. Обоснование проектных параметров криволинейных участков плана трассы высокоскоростных железнодорожных магистралей // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2020. – № 3(67). – С. 152-159.

34. Струтинская В.М., Бушуев Н.С. Оценка этапности развития высокоскоростного железнодорожного движения. В сборнике: ТРАНСПОРТ: ПРОБЛЕМЫ, ИДЕИ, ПЕРСПЕКТИВЫ. сборник трудов LXXX Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Федеральное агентство железнодорожного транспорта, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I». 2020. С. 335-338.
35. Бушуев Н.С., Шульман Д.О. Обзор технических параметров проектирования плана и продольного профиля ВСМ в России за период с 2007 года по настоящее время. В сборнике: Развитие инфраструктуры и логистических технологий в транспортных системах (РИЛТ-ТРАНС-2021). Сборник трудов Четвёртой международной научно-практической конференции. В 2-х частях. Под редакцией А.А. Краснощека, П.К. Рыбина. Санкт-Петербург, 2022. С. 26-36.
36. Бушуев Н.С., Шульман Д.О. Структура грузопотока контейнерных перевозок на железнодорожном транспорте: существующее состояние и рекомендации. Инфраструктура транспорта. 2022. № 1 (3). С. 5-15.
37. Kiselev I.P., Bushuev N.S., Shulman D.O. High-speed railways in the BRICS countries. BRICS Transport. 2023. Т. 2. № 4.
38. Bushuev N.S., Shulman D.O., Rochev N.A. State and growth of container cargo flow in russian railway transport (during covid-19 pandemic) (Состояние и рост контейнерного грузопотока на железнодорожном транспорте России (в период пандемии (COVID-19)). BRICS Transport. 2023. Т. 2. № 1.
39. Бушуев Н.С., Шульман Д.О., Рочев Н.А. Результаты освоения пассажирских перевозок на направлении Москва – Санкт-Петербург в кризисные 2020-2021 годы. Известия Петербургского университета путей сообщения. 2023. Т. 20. № 1. С. 17-27.
40. Kiselev I.P., Bushuev N.S., Shulman D.O., Khrabraya M.S. The railway transport development in the new brics countries. BRICS Transport. 2024. Т. 3. № 4.
41. Специальные технические условия для проектирования, строительства и эксплуатации высокоскоростной железнодорожной магистрали Москва – Санкт-Петербург (ВСЖМ:1). – Санкт-Петербург: ФГБОУ ВО ПГУПС, 2021. – 284 с. – Текст: непосредственный.
42. Специальные технические условия для проектирования, строительства и эксплуатации высокоскоростной железнодорожно магистрали Москва – Санкт-Петербург (ВСЖМ 1) Изменение 1. – Санкт-Петербург, ФГБОУ ВО ПГУПС, 2023. – 143 с. – Текст непосредственный.
43. Киселев И.П., Блажко Л.С., Брынь М.Я., Бурков А.Т., Бушуев Н.С., Гапанович В.А., Дьяченко Л.К., Захаров В.Б., Китунин А.А., Колос А.Ф., Костенко В.В., Ледаев А.П., Мизинцев А.В., Никитин А.Б., Панычев А.Ю., Плеханов П.А., Романов А.В., Рыбин П.К., Саввов В.М., Сероносков В.В. и др. Высокоскоростной железнодорожный транспорт. Общий курс. Учебное пособие для студентов вузов железнодорожного транспорта в 2-х томах / Том 1. (2-е издание, переработанное и дополненное) Москва, 2020.
44. Высокоскоростной железнодорожный транспорт. Общий курс: учеб.пособие: в 2 т./И.П. Киселёв и др.; под ред. И.П. Киселёва. – М.: ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2014. Т.1. – 312 с.
45. Проектирование трассы высокоскоростных магистралей: учебное пособие / Н.С. Бушуев, В.С. Шварцфельд, Д.О. Шульман, О.С. Булакаева. – Санкт-Петербург : ФГБОУ ВО ПГУПС, 2022. – 70с. – 1 CD-ROM. –Систем.требования: IntelPentium 1,6 GHz и более ; 256 Мб (RAM) ; MicrosoftWindows XP и выше ; Firefox (3.0 и выше) или IE (7 и выше) или Opera (10.00 и выше), FlashPlayer, AdobeReader. – Загл. с титул.экрана.

Контактная информация:

Бушуев Николай Сергеевич – канд. тех. наук, доц.; 2009bushuev@rambler.ru

Шкурников Сергей Васильевич – канд. тех. наук, доц.; 3123810@mail.ru

Author's information:

Nikolay S. Bushuev – PhD Eng. Sci., Associate Professor; 2009bushuev@rambler.ru

Sergey V. Shkurnikov – PhD Eng. Sci., Associate Professor; 3123810@mail.ru

УДК 625.3

Милюшкан Ю.А., Рочев Н.А.

Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, Санкт-Петербург, Россия

ВКЛАД КОЛЛЕКТИВА КАФЕДРЫ «ИЗЫСКАНИЯ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ» ПГУПС В РАЗВИТИЕ НАЗЕМНОЙ КОСМИЧЕСКОЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ В НОВОЙ ИСТОРИИ

В статье проанализирован опыт участия ученых и специалистов Петербургского государственного университета путей сообщения Императора Александра I (ПГУПС) и, в частности, кафедры «Изыскания и проектирование железных дорог» в создании и эксплуатации наземной железнодорожной инфраструктуры космодромов «Байконур» и «Восточный» в новой истории.

Ключевые слова: космодром, наземная железнодорожная инфраструктура, железнодорожные пути необщего пользования (подъездные пути), обследование железнодорожной инфраструктуры, проектирование реконструкции.

Y.A. Milyushkan, N.A. Rochev

Emperor Alexander I St.Petersburg State Transport University, Saint-Petersburg, Russia

THE CONTRIBUTION OF THE STAFF OF THE DEPARTMENT OF RAILWAY RESEARCH AND DESIGN OF THE PSUPS TO THE DEVELOPMENT OF GROUND-BASED SPACE RAILWAY INFRASTRUCTURE IN MODERN HISTORY

The article analyzes the experience of scientists and specialists of the Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University (PGUPS) and, in particular, the Department of Railway Survey and Design in the creation and operation of the ground-based railway infrastructure of the Baikonur and Vostochny cosmodromes.

Keywords: cosmodrome, ground-based railway infrastructure, non-public railway tracks (access roads), railway infrastructure survey, reconstruction design.

Введение

12 февраля 2025 года исполняется 70 лет с начала строительства в пустынном районе Казахстана вблизи от станции Тюра-Там головной части научно-исследовательского полигона №5 Министерства обороны СССР, впоследствии первого и самого большого космодрома «Байконур».

Неотъемлемой частью космодрома являются железнодорожные пути. Популярная на космодроме фраза, что все ракеты улетают из железнодорожного тупика – не преувеличение.

Железнодорожные пути являются главной транспортной артерией любого космодрома. Железнодорожным транспортом везут специалистов на удаленные площадки космодрома, спутники в монтажно-испытательные комплексы (МИ-Ки), ракеты-носители к стартовым площадкам. По железной дороге на космодром доставляют составные части ракет-носителей, компоненты ракетного топлива, а также различные грузы, необходимые для эксплуатации объектов космической инфраструктуры.

Общая протяженность железнодорожных путей на космодроме «Байконур» составляет более 400 км. Железнодорожная инфраструктура включает в себя 15 станций, диспетчерский центр управления, более 80 искусственных сооружений, депо.

1 Исторический вклад сотрудников Университета в строительство космодрома «Байконур»

С самого начала в строительстве космодрома принимали участие ученые и специалисты нашего университета (в то время ЛИИЖТа), такие как будущие заслуженные деятели науки и техники РСФСР, доктора технических наук, профессора Михаил Петрович Смирнов и Всеволод Федорович Яковлев, заведующий кафедрой «Железнодорожный путь», профессор С.В. Амелин, доцент В.С. Гречук, доцент В.И. Смирнов и многие другие [1].

В 1968 г. М.П. Смирнов и В.Ф. Яковлев были удостоены редкого и очень престижного звания «Почетный строитель Байконура».

В 1972 году коллектив кафедры «Железнодорожный путь» был награжден Памятной медалью Академии наук СССР в ознаменование первого в мире выхода человека в открытый космос.

2 Участие коллектива кафедры «Изыскания и проектирование железных дорог» ПГУПС в оздоровлении наземной железнодорожной инфраструктуры космодрома «Байконур» в новой истории

После распада Советского союза космодром «Байконур» определенное время находился в собственности Республики Казахстан, а 8 марта 1994 года президенты России и Казахстана Борис Ельцин и Нурсултан Назарбаев подписали соглашение об аренде Байконура Российской Федерацией сроком на 20 лет. В 2004 году договор был продлен до 2050 года.

В начале 21 века с целью реализации современных космических программ остро встала необходимость всестороннего обследования железнодорожного хозяйства космодрома. Необходимость обследования была обусловлена тем, что основная железнодорожная инфраструктура была построена в 60-х годах по нормам того времени. Большинство основных постоянных устройств инфраструктуры имело износ более 80% и морально устарело. Требовалась реконструкция инфраструктуры с модернизацией технических устройств или заменой на более современные [2].

Именно эту работу ФГУП «Космотранс» предложил для выполнения коллективу кафедры «Изыскания и проектирование железных дорог» ПГУПС. Активное участие в обследовании, выработке заключений и составлении проектов ремонта и модернизации путевой инфраструктуры приняло большинство преподавателей этой кафедры, а также представители кафедр «Промышленный и городской транспорт», «Мосты», «Строительные конструкции», «Управление и технология строительства». Высокая ответственность за результаты разработок объясняется тем, что стоимость перевозимого груза за одну поездку сопоставима со стоимостью реконструкции всех подъездных путей. Особые требования к надежности и безопасности перевозок связаны также с большой ответственностью России перед Казахстаном в части охраны окружающей среды.

Специалисты университета изучили на космодrome состояние земляного полотна, верхнего строения пути, водопропускных сооружений, зданий, устройств СЦБ и связи и других сооружений и устройств. Было обследовано более 140 км главных путей и 11 станций. В результате комплексного обследования были определены первоочередные задачи по реконструкции и модернизации аварийных участков подъездных железнодорожных путей (рис. 1).



Рис. 1. Обследование откосов аварийной выемки

Разработка проектной и рабочей документации по капитальному ремонту, реконструкции и модернизации железнодорожных участков на космодроме была также возложена на специалистов ПГУПС под предводительством кафедры «Изыскания и проектирование железных дорог».

В общей сложности в целях оздоровления железнодорожных сооружений было запроектировано более 90 км различных ремонтов.

В процессе выполнения подрядными организациями работ по оздоровлению железнодорожной инфраструктуры космодрома сотрудники кафедры принимали участие в техническом контроле строительства на участках ремонта железнодорожных путей (рис. 2).

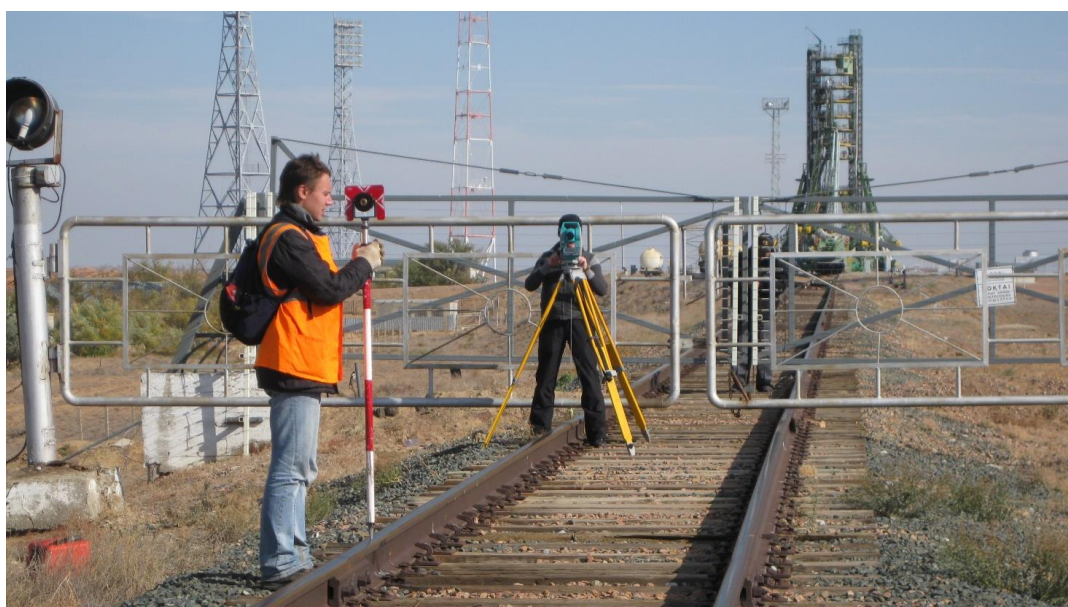


Рис. 2. Обследование железнодорожного тупика к пусковой площадке №1 («Гагаринский старт») на космодроме «Байконур»

В рамках эксплуатации внутрикосмодромных подъездных железнодорожных путей космодрома «Байконур» сотрудниками кафедры «Изыскания и проектирование железных дорог» были разработаны Технические паспорта железнодорожного хозяйства космодрома (рис. 3).

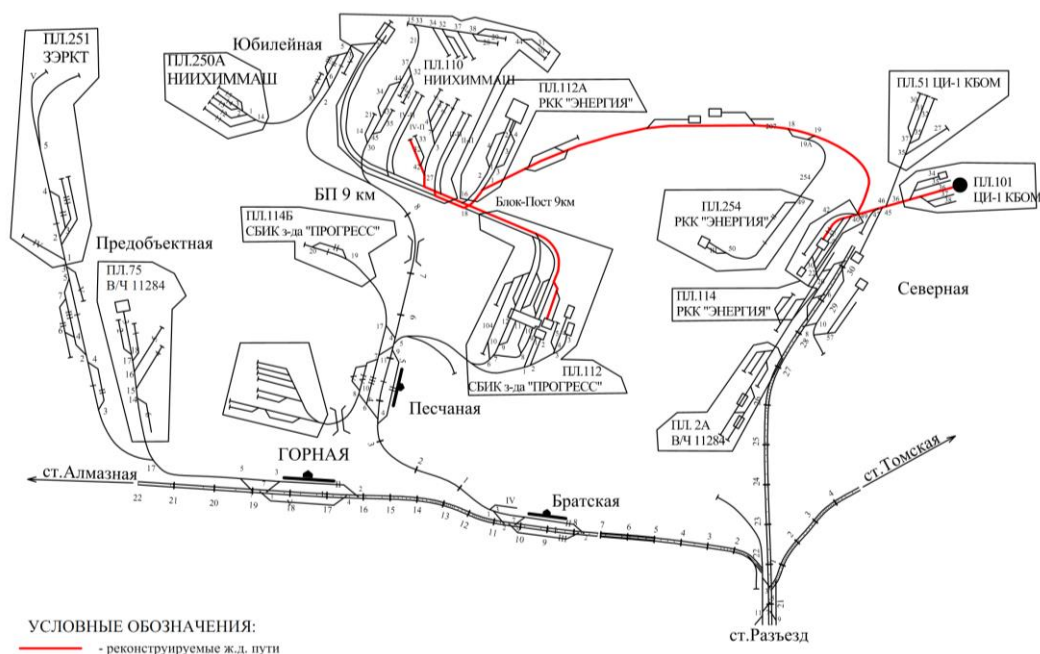


Рис. 3. Схема реконструкции железнодорожных путей по маршруту транспортировки ракеты-носителя от площадки 112 через блок-пост 9 км до отметки 0 стартового комплекса площадки 101 на космодроме «Байконур».

В рамках работ по изысканиям, обследованию и проектированию объектов железнодорожной инфраструктуры активно привлекались студенты-практиканты кафедры (рис. 4). Лучшие студенты получали незабываемый опыт работы на уникальном объекте. Возможность быть сопричастным к развитию наземной космической инфраструктуры мотивировала будущих молодых специалистов на развитие своих профессиональных навыков.



Рис. 4. Сотрудники кафедры «Изыскания и проектирование железных дорог» со студентами-практикантами в Музее космонавтики на территории космодрома «Байконур».

3 Участие коллектива кафедры «Изыскания и проектирование железных дорог» ПГУПС в работе на космодроме «Восточный»

Работа кафедры не ограничилась только железнодорожными путями космодрома «Байконур». К моменту создания нового для Российской Федерации космодрома «Восточный» коллектив кафедры сразу подключился к работам по его созданию. Специалисты кафедры приняли участие в составлении аналитической записки по проекту транспортной составляющей нового российского космодрома.

В период строительства космодрома сотрудники кафедры выполняли работы по обследованию участков железнодорожного пути с целью определения степени их готовности к приемке в эксплуатацию.

В период сдачи инфраструктуры космодрома «Восточный» сотрудники кафедры «Изыскания и проектирование железных дорог» совместно с представителями ФГУП «Центр эксплуатации объектов наземной космической инфраструктуры» (ФГУП «ЦЭНКИ») принимали непосредственное участие в комиссии Федерального Космического Агентства «РОСКОСМОС» по приемке во временную и постоянную эксплуатацию участков железнодорожных путей космодрома «Восточный» (рис. 5).

По заданию ФГУП «ЦЭНКИ» были разработаны проектные решения по реконструкции существующих железнодорожных путей на территории будущего космодрома с целью увеличения радиусов кривых участков пути. Были выполнены тяговые расчеты для определения эксплуатационных характеристик тягового обслуживания космодрома.



Рис. 5. Август 2013 года. Интервью местному телевидению в рамках работы по наблюдению за ходом строительства космодрома на фоне будущей пусковой площадки ракеты-носителя «Союз-2.1а» на космодроме «Восточный»

После сдачи железнодорожных путей в постоянную эксплуатацию с 2014 года по настоящее время коллективом кафедры разрабатываются Технические паспорта железнодорожного хозяйства Филиала ФГУП «Центр эксплуатации объектов наземной космической инфраструктуры» – «Космический центр «Восточный». В марте 2016 года осуществлено обследование железнодорожного тупика к пусковой площадке за месяц до первого старта ракеты-носителя «Союз-2.1а» с космодрома «Восточный» (рис. 6).

На 2025 год от Филиала ФГУП «ЦЭНКИ» – «КЦ «Восточный» в адрес университета поступила заявка на продолжение сотрудничества между ФГУП «ЦЭНКИ» и кафедрой «Изыскания и проектирование железных дорог».



Рис. 6. Март 2016 года. Обследование железнодорожного тупика к пусковой площадке за месяц до первого старта ракеты-носителя «Союз-2.1а» с космодрома «Восточный»

Заключение

За большой вклад в развитие железнодорожной космической инфраструктуры комплекса «Байконур» и проявленный при этом высокий профессионализм Федерацией космонавтики России медалями и ордена были отмечены сотрудники кафедры «Изыскания и проектирование железных дорог»: Свинцов Е.С., Шкурников С.В., Бушуев Н.С., Прищепа Е.И., Алпысова В.А., Бобарыкин П.В., Лиуконен Д.В. и Милюшкан Ю.А.

Кафедра «Изыскания и проектирование железных дорог» может смело гордиться заметным вкладом ее работников и питомцев в достигнутые высокие результаты развития отечественной космонавтики.

Список литературы

1. Вклад ПГУПСа в развитие космической отрасли / Е. С. Свинцов, Н. С. Бушуев, С. В. Шкурников, Ю. В. Федорова // Путь и путевое хозяйство. – 2012. – № 1. – С. 38-40. – EDN OXVVIIH.

2. Направления реконструкции железнодорожных путей комплекса «Байконур» / И.В. Бойков, Е.С. Свинцов, Е.П. Дудкин // Транспорт Российской Федерации. Журнал о науке, практике, экономике. – 2005. №1. – С. 39-41.

Контактная информация:

Милюшкан Юрий Александрович – аспирант; milushkan@yandex.ru

Рочев Николай Анатольевич – аспирант; rotchev_na@mail.ru

Author's information:

Yurii A. Milyushkan – postgraduate student; milushkan@yandex.ru

Nikolay A. Rochev – postgraduate student; rotchev_na@mail.ru

УДК 656.022

Бушуев Н.С., Шкурников С.В.

Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, Санкт-Петербург, Россия

ИЗЫСКАНИЯМ И ПРОЕКТИРОВАНИЮ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ В РОССИИ - 100 ЛЕТ. ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ РАЗВИТИЯ ТЕОРИИ И ПРАКТИКИ

В статье рассмотрены роль и значимость вклада сотрудников кафедры «Изыскания и проектирование железных дорог Ленинградского института инженеров железнодорожного транспорта (ныне Петербургского государственного университета путей сообщения Императора Александра I) в проектирование и строительство железных дорог России. Приведена информация об основных этапах развития транспортной железнодорожной инфраструктуры.

Ключевые слова: Изыскания и проектирование железных дорог, этапы сооружения железных дорог в России, Транссибирская магистраль (Транссиб), Байкало-Амурская железнодорожная магистраль (БАМ), высокоскоростная железнодорожная магистраль (ВСМ).

N.S. Bushuev, S.V. Shkurnikov

Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University, Saint-Petersburg, Russia

RAILWAY RESEARCH AND DESIGN IN RUSSIA IS 100 YEARS OLD. THE MAIN STAGES OF THEORY AND PRACTICE DEVELOPMENT

The article examines the role and significance of the contribution of the staff of the Department of Railway Research and Design of the Leningrad Institute of Railway Engineers (now the St. Petersburg State University of Railways of Emperor Alexander I) to the design and construction of railways in Russia. Information is provided on the main stages of the development of the railway transport infrastructure.

Keywords: Railway surveys and design, stages of railway construction in Russia, Trans-Siberian Railway (Transsib), Baikal-Amur Railway (BAM), high-speed railway (HSR).

Как отдельный раздел «Курса построений» – «Проектирование железных дорог» появилось в 1835 году в разгар строительства первой публичной железной дороги России Петербург – Царское село – Павловск.

«Курс построений» в 1842 году был преобразован в «Курс строительного искусства».

«Проектирование железных дорог» преподавалось с 1865 года преподавателями кафедры «Сухопутных сооружений», далее с 1882 г. – на кафедре «Построение и эксплуатация железных дорог» и с 1896 г. – на кафедре «Железные дороги».

В 1924 году кафедра «Железные дороги» была разделена на ряд самостоятельных кафедр, в числе которых появилась кафедра «Изыскания и проектирование железных дорог».

Организация кафедры «Изыскания и проектирование железных дорог» и становление её дисциплин были вызваны временем: требовалось начать возведение первой железнодорожной магистрали общего пользования между Петербургом и Москвой. Практика подталкивала теорию, теория обогащала практику.

В эти годы рождалась и активно развивалась Школа проектирования железных дорог. Лидером в этом развитии являлся профессор Павел Петрович Мельников. В 1842 году Павел Петрович Мельников и Николай Осипович Крафт представили технико-экономические обоснования выбора прямого направления железной дороги без захода в Новгород, с которым император Николай I согласился, сказав следующее: «Вам, господа, я намерен поручить приведение в исполнение этого гигантского сооружения... Ежели, как я надеюсь, вам с божьей помощью удастся довести это великое предприятие до конца, то у меня для вас нет награды, одна достойная вам награда будет – вечная признательность Отечества».

Таким образом, исторически определился важнейший I этап сооружения железных дорог в России – этап строительства первой магистральной двухпутной железной дороги, технические параметры которой (ширина колеи, параметры плана, продольного профиля, подходы к размещению отдельных пунктов, технология организации движения) были приняты и распространены в дальнейшем на всю железнодорожную сеть страны.

Школа Павла Петровича Мельникова – школа изысканий, проектирования, строительства железных дорог и тяговых расчётов, как и любая подобная школа, предполагала наличие единомышленников учителя.

Реализация такого уникального предприятия, которым стала железная дорога Петербург – Москва, как раз и подтвердила, что такая школа была и развива-

лась. Она позволила России выйти на передовые позиции в области железнодорожного проектирования и строительства, как в Европе, так и в мире.

Тема строительства Великого Сибирского пути (Транссиба) обсуждалась, начиная с 1836 года, однако ни производительные силы страны, ни финансовые возможности, а, главное, кадровый голод не позволили приступить к этому грандиозному предприятию в те годы. И самой главной сложностью было отсутствие необходимого опыта железнодорожного строительства такого объема.

Все это стало возможным после сооружения железной дороги Санкт-Петербург – Москва.

В процессе обсуждения кардинальных концепций этой грандиозной стройки в 1880-е годы приняли участие такие выдающиеся деятели транспорта, промышленности и экономики страны, как Н.А. Белелюбский, Я.Н. Гордеенко, И.В. Мушкетов, А.П. Бородин, Н.П. Петров, С.Ю. Витте и многие другие ведущие инженеры. В качестве основного было выбрано Челябинское транзитное направление магистрали.

Только в 1891 г. по указанию Александра III приступили к сооружению Великого Сибирского пути (Транссиба). Технические условия по возведению Транссиба были составлены по облегчённым нормам с целью обеспечения ускоренного продвижения рельсовой колеи на Восток.

Строительство Великого Сибирского пути началось одновременно с запада (от Челябинска) и с востока (от Владивостока). Позже, набирая обороты, стройка шла параллельно на многих участках и на ней трудилось около 100 тысяч человек, в числе которых работали около 200 инженеров изыскателей и строителей железных дорог.

Строительство Транссиба продолжалось с 1891 по 1915 год. За эти годы было сооружено 11966 км железнодорожного пути. Средний **годовой объём укладки составил 855 км, что стало мировым рекордом того времени**. Объёмы земляных работ поражали, они колебались от 22 тыс. куб. м на километр до 105 тыс. куб. м. Последнее было характерно для Кругобайкальской железной дороги, уникальной по числу возведённых на ней искусственных инженерных сооружений. Среди главных изыскателей и строителей Транссиба были и питомцы института инженеров путей сообщения (ИИПС). В основном это были зрелые специалисты, построившие уже многие железные дороги в стране. Это: О.П. Вяземский, А.Н. Пушечников, Г.М. Будагов, Н.П. Меженинов, Г.В. Адрианов, С.И. Ольшевский, Н.Г. Гарин-Михайловский, Н.М. Тихомиров, Н.Ф. Дормидонтов, А.И. Югович, А.И. Урсати, Н.Н. Бочаров, А.В. Ливеровский, С.И. Кербедз и многие другие. Их именами были названы станции и разъезды: Вяземская, Адриановка, Межениновка, Будагово и другие. Сама железная дорога занесена в книгу рекордов Гиннеса за свою уникальную протяжённость.

Строительство Транссиба явилось II грандиозным этапом сооружения железных дорог в России. Это строительство проходило в труднейших природных условиях, что позволило получить новый опыт и учесть эти условия в

следующих проектах, в частности, применить новые технологии в изысканиях, проектировании и строительстве.

Особо необходимо сказать об инженере путей сообщения Николае Григорьевиче Гарине-Михайловском. Он участвовал в изысканиях и проектировании многих железных дорог. Участник строительства Западно-Сибирского участка Великого Сибирского пути. При отыскании места мостового перехода через реку Обь, он доказал целесообразность прохождения трассы по своему варианту. По этому варианту на красивом месте скоро вырос молодой город Ново-Николаевск (ныне Новосибирск), жители которого считают Гарина-Михайловского основателем своего города.

Крупный инженер-практик Н.Г. Гарин-Михайловский являлся также замечательным писателем. В своих рассказах: «Детство Темы», «Гимназисты», «Студенты», «Инженеры» он дал обобщенный художественный образ становления молодого человека – первоклассного специалиста проектировщика и строителя железных дорог. Он необыкновенно красочно, поэтично дал оценку выбора трассы: «... Силуэты оборванных скал сплошной стеной тянулись по обеим сторонам реки. Прежняя линия (трасса), вследствие обманчивого света луны, казалась где-то в недостижимой высоте; новая, пользуясь естественными уступами, шла недалеко от саней... Та, прежняя, – думал он, – как ведьма, скачет там где-то в небе с утеса на утес. Я разыскал мою красавицу в этой бездне скал и утесов, вырвал ее у природы, как Руслан вырвал у Черномора свою Людмилу».

После образования кафедры «Изыскания и проектирование железных дорог» наиболее яркими ее заведующими были:

Профессор Вяземский Валериан Орестович (1867–1924) – инженер путей сообщения (и.п.с.), выпускник 1894 г., первый заведующий кафедрой «Изыскания и проектирование железных дорог». Он окончил Институт инженеров путей сообщения в 1894 г. и до осени 1917 г. работал на изысканиях и строительстве железных дорог, в том числе Великого Сибирского пути, а также начальником партии по изысканиям мостового перехода через реку Амур возле Хабаровска. 1 октября 1917 г. он начал педагогическую работу в Институте инженеров путей сообщения по курсу «Изыскания и проектирование железных дорог».

Член-корреспондент АН СССР, профессор Горинов Александр Васильевич – и.п.с., (выпускник МИИТа 1925 г.). В 1930 г. А.В. Горинов участвовал в организации и возглавлял Центральный научно-исследовательский институт транспортного строительства (ЦНИИ НКПС), который собрал лучшие научные силы того времени: Д.Д. Бизюкин, Г.К. Евграфов, Е.О. Патон, Г.П. Передерий, М.М. Протодьяконов, Г.И. Черномордик и др. Сыграл важную роль в формировании в нашей стране научной школы проектирования, строительства и реконструкции железных дорог. В 1931 г. А.В. Горинова пригласили заведовать кафедрой «Изыскания и проектирование железных дорог» в Ленинградском институте

инженеров железнодорожного транспорта (ЛИИЖТе), где он проработал 15 лет, исключая период 1941–1945 гг.

Профессор, д.т.н. Воронин Михаил Иванович (1906–1996) – и.п.с. (выпускник 1935 г.), около 3 лет работал в Ленгипротрансе на изысканиях железных дорог. В годы руководства кафедрой (1964–1985 гг.) началось и активно проводилось реальное дипломное проектирование. Научные исследования кафедры, проводимые совместно с ЦНИИ МПС и Ленгипротрансом, касались вопросов повышения скоростей существующих ж. д., а позже и вопросов проектирования высокоскоростного движения поездов. М.И. Воронин первый из учёных-транспортников на основе архивных документов воссоздал многие страницы истории отрасли. Являлся главным историографом Альма-матер, автором книг об учёных: П.П. Мельникове, С.В. Кербедзе, вышедших в издательстве “Наука”. М. И. Воронин первым в стране был награждён медалью А. Бетанкура “За личный вклад в развитие транспортной науки и образования”.

Идея направить железную дорогу на восток, обойдя озеро Байкал с севера, была мечтой многих инженеров и общественных деятелей еще в кон. XIX – нач. XX веков, в то время, когда началось сооружение Великого Сибирского пути. В 30-е–50-е годы двадцатого столетия появились проектные замыслы и были построены ж.-д. линии от ст. Тайшет до ст. Лена (г. Усть-Кут). В те же годы началось строительство железнодорожных линий от ст. БАМ (ныне Бамовская) и ст. Известковая на Транссибе до ст. Тында и ст. Ургал, соответственно, через которые позже прошла Байкало-Амурская магистраль, что в последующем в большой степени способствовало обоснованию ее строительства. Строительство Байкало-Амурской магистрали стало III крупномасштабным этапом развития железнодорожной сети России. При сооружении БАМ апробированы новейшие технологии изысканий, проектирования и строительства железных дорог, новые технические средства, строительные конструкции и изделия, в последующем распространенные на всю сеть железных дорог России.

Наш Университет, тогда ЛИИЖТ, начиная с 1973 года, принял участие в строительстве, направляя на БАМ студенческие строительные отряды. Для оперативного управления работой студентов в Восточной Сибири был сформирован зональный студенческий строительный отряд «Байкал» (ЗСО «Байкал»). Линейные отряды были сосредоточены на протяжении около 600 км вдоль трассы Бурятского участка БАМ от Байкальского (ныне Дабанского) до Северомуйского тоннелей. В последующем, вплоть до 1988 года ежегодно ЛИИЖТ (ПГУПС) формировал по 10 линейных отрядов общей численностью примерно 450–500 студентов. Кроме того, в ЗСО «Байкал» по распоряжению штаба Ленинградского Областного студенческого строительного отряда вливались линейные отряды других ВУЗов города: ЛГУ, ЛИТМО, ЛИСИ, Военмеха, Института киноинженеров и др., а также направлялись по 2–3 отряда местного Бурятского формирования. Общая численность зонального отряда составляла 700–800 человек.

Кроме того, БАМ стал отправной точкой широкого внедрения в учебный процесс реального дипломного проектирования [1].

После 1975 г. студенты отправлялись на практику на БАМ и вне студенческих строительных отрядов. Они успешно работали и в проектно-изыскательских партиях и на появляющихся предприятиях региона БАМ. Многие выпускники, участники студенческих строительных отрядов, по распределению были направлены на строительство Байкало-Амурской железнодорожной магистрали и на ее последующую эксплуатацию.

В 1990-е гг., с началом политических и экономических преобразований, в стране интерес государства к БАМу резко упал. Однако сегодня ситуация изменилась в совершенно противоположную сторону.

В настоящее время объемы перевозок к портам Дальнего Востока значительно возросли, что потребовало разработки инвестиционного проекта «Модернизация железнодорожной инфраструктуры Байкало-Амурской и Транссибирской железнодорожных магистралей с развитием пропускных и провозных способностей» [2, 3]. Поэтому история БАМа продолжается.

В 2014–2018 гг. специалистам ПГУПС было поручено методологическое сопровождение (технологический аудит) объектов особой государственной важности (стоимостью строительства два и более миллиардов рублей), с чем университет с честью справился.

В этих проектах предусмотрены конкретные мероприятия по реконструкции объектов инфраструктуры, строительству вторых путей, строительству двухпутных вставок и т. п. В зоне тяготения к БАМу началось активное экономическое освоение месторождений полезных ископаемых. В связи с этим началось возрождение студенческого стройотрядовского движения. В этом году на БАМ выезжали два студенческих строительных отряда численностью 60 человек.

Наряду с развитием БАМ, кафедра принимала активное участие в разработке проектов строительства железных дорог на подходах к Арктической зоне РФ. Это железнодорожные направления Урал Промышленный – Урал Полярный, Обская — Бованенко, Северный широтный ход от Салехарда до Норильска и др. Важной особенностью реализации этих проектов является наличие вечной (многолетней) мерзлоты, учет которой необходим на всех этапах сооружения и работы железной дороги: как при изысканиях и проектировании, так и при строительстве и эксплуатации [4,5,6].

Анализируя историю развития железных дорог в нашей стране можно с уверенностью сказать о наступлении IV широкомасштабного этапа – создание сети высокоскоростных железнодорожных магистралей [7-14] .

Решение руководства страны по этому поводу принято. Высокоскоростная железнодорожная магистраль ВСЖМ-1 Москва–Санкт-Петербург должна быть построена к 2028 году.

Список литературы

1. Особенности проектирования трассы, плана и профиля Байкало-Амурской железнодорожной магистрали (на участке Чара – Тында). Под ред. Воронина М.И. и Энгельке В.А. – Ленинград, РТП ЛИИЖТ, 1978. 54 с.
2. Паспорт инвестиционного проекта "Модернизация железнодорожной инфраструктуры Байкало-Амурской и Транссибирской железнодорожных магистралей с развитием пропускных и провозных способностей (второй этап)". Утвержден Распоряжением Правительства Российской Федерации 28 апреля 2021 г. № 1100-р. Москва, 2021.
3. Паспорт инвестиционного проекта "Модернизация железнодорожной инфраструктуры Байкало-Амурской и Транссибирской железнодорожных магистралей с развитием пропускных и провозных способностей (третий этап)". Утвержден Распоряжением Правительства Российской Федерации 20 апреля 2024 г. № 981-р. Москва, 2024.
4. Bogomolova N., Milyushkan Y., Shkurnikov S., Bushuev N., Svintsov E., Anisimov V. Features of engineering surveys in areas of permafrost prevalence by the example of the project "Northern latitudinal way". В сборнике: Transportation Soil Engineering in Cold Regions. Proceedings of TRANSOIL COLD 2019. Singapore, 2019. P. – 215-221.
5. Бушуев Н.С., Шкурников С.В., Герасимов В.А., Голубцов В.А., Морозова О.С. Особенности проектирования трассы железной дороги в условиях вечной мерзлоты. Журнал «Современные технологии. Системный анализ. Моделирование». 2019. № 3 (63). С. 135-142.
6. Alpysova V.A., Bushuev N.S., Shkurnikov S.V., Shulman D.O. The Impact of Engineering-geologic Conditions on the Development of Railway Subgrade Design Solutions. Procedia Engineering, 2017. С. 752–758.
7. Высокоскоростной железнодорожный транспорт. Общий курс: учеб. пособие: в 2 т./И.П. Киселёв и др.; под ред. И.П. Киселёва. – М.: ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2014. Т.1. – 312 с.
8. Специальные технические условия. Проектирование участка Москва-Казань высокоскоростной магистрали Москва – Казань- Екатеринбург со скоростями движения до 400 км/ч. – СПб, ПГУПС, 2014. Согласованы заместителем министра строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации.
9. Специальные технические условия. Проектирование участка Москва-Казань высокоскоростной магистрали Москва-Казань- Екатеринбург со скоростями движения до 400 км/ч. Изменение 1 / решение Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ № 24651-ЕС/03 от 03.08.2016 г. – 70 с.– Текст: электронный // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов : [сайт]. –URL: <http://www.cntd.ru>(дата обращения 16.03.2022).
10. Специальные технические условия. Проектирование участка Москва – Казань высокоскоростной железнодорожной магистрали Москва – Казань – Екатеринбург со скоростями движения до 400 км/ч. Изменение 2. – Санкт-Петербург: Петербургский гос. ун-т путей сообщения, 2017. – 70 с.– Текст : непосредственный.
11. Киселев И.П., Блажко Л.С., Брынь М.Я., Бурков А.Т., Бушуев Н.С., Гапанович В.А., Дьяченко Л.К., Захаров В.Б., Китунин А.А., Колос А.Ф., Костенко В.В., Ледяев А.П., Мизинцев А.В., Никитин А.Б., Панычев А.Ю., Плеханов П.А., Романов А.В., Рыбин П.К., Саввов В.М., Сероносков В.В. и др. Высокоскоростной железнодорожный транспорт. Общий курс.
12. Учебное пособие для студентов вузов железнодорожного транспорта в 2-х томах / Том 1. (2-е издание, переработанное и дополненное) Москва, 2020.
13. Специальные технические условия для проектирования, строительства и эксплуатации высокоскоростной железнодорожной магистрали Москва – Санкт-Петербург (ВСЖМ:1). – Санкт-Петербург: ФГБОУ ВО ПГУПС, 2021. – 284 с. – Текст: непосредственный.

14. Специальные технические условия для проектирования , строительства и эксплуатации высокоскоростной железнодорожно магистрали Москва – Санкт-Петербург (ВСЖМ 1) Изменение 1. – Санкт-Петербург, ФГБОУ ВО ПГУПС , 2023. – 143 с. – Текст непосредственный.

15. Проектирование трассы высокоскоростных магистралей: учебное пособие / Н.С. Бушуев, В.С. Шварцфельд, Д.О. Шульман, О.С. Булакаева. – Санкт-Петербург : ФГБОУ ВО ПГУПС, 2022. – 70с. – 1 CD-ROM. –Систем.требования: IntelPentium 1,6 GHz и более ; 256 Мб (RAM) ; MicrosoftWindows XP и выше ; Firefox (3.0 и выше) или IE (7 и выше) или Opera (10.00 и выше), FlashPlayer, AdobeReader. – Загл. с титул.экрана.

Контактная информация:

Бушуев Николай Сергеевич – канд. тех. наук, доц.; 2009bushuev@rambler.ru

Шкурников Сергей Васильевич – канд. тех. наук, доц.; 3123810@mail.ru

Author's information:

Nikolay S. Bushuev – PhD Eng. Sci., Associate Professor; 2009bushuev@rambler.ru

Sergey V. Shkurnikov – PhD Eng. Sci., Associate Professor; 3123810@mail.ru

УДК 625.1

Конюхов А.П.

Заместитель главного инженера АО «Ленгипротранс», Санкт-Петербург, Россия

100–ЛЕТИЕ КАФЕДРЫ « ИЗЫСКАНИЯ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ»

В статье излагаются вопросы, связанные с кафедрой «Изыскания и проектирование железных дорог» Петербургского государственного университета путей сообщения Императора Александра I, которой в 2024 году исполняется 100 лет с момента ее создания. Уделено внимание прочным партнёрским отношениям между кафедрой «Изыскания и проектирование железных дорог» и отделом изысканий и проектирования железных дорог Ленгипротранса, позволяющим готовить профессиональных инженеров изыскателей, трассировщиков, проектировщиков железных и автомобильных дорог.

Ключевые слова: кафедра «Изыскания и проектирование железных дорог», АО «Ленгипротранс», подготовка кадров, железная дорога, автомобильная дорога.

Konyukhov A.P.

Joint Stock Company (JSC) «Lengiprotrans», Saint-Petersburg, Russia

100-th ANNIVERSARY OF THE DEPARTMENT OF RAILWAY RESEARCH AND DESIGN

The article outlines issues related to the Department of Railway Research and Design at the St. Petersburg State University of Railways of Emperor Alexander I, which in 2024 marks the 100th anniversary of its establishment. Attention is paid to the strong partnership relations between the De-

partment of Railway Research and Design and the Department of Railway Research and Design at Lengiprotrans, which allows training professional engineers of prospectors, tracers, designers of railways and highways.

Keywords: Department of Railway Research and Design, JSC "Lengipro-trans", personnel training, railway, highway.

Возведению какого-либо сооружения или прокладке пути сообщения, как правило предшествуют два этапа работ: первый – это изучение природных условий района расположения сооружения (ландшафт, рельеф, геология, гидрология, климат, наличие строительных материалов и многое другое). Этот этап называется – изысканиями.

На втором этапе производится, на основании материалов изысканий, обоснованное представление уже принятого окончательного технического решения и его подробное описание в соответствии с утверждённой формой. Этот этап называется – проектирование.

В период 1919 -1924 годах в транспортных ВУЗах страны производится выделение знаний дисциплины по проектированию железных дорог в качестве самостоятельной дисциплины и организуются специальные кафедры по этой науке.

В 1924 году в Ленинградском институте инженеров железнодорожного транспорта им. академика В.Н. Образцова создается кафедра «Изыскания и проектирование железных дорог».

Первым начальником кафедры был профессор Валериан Орестович Вяземский.

После кончины В.О. Вяземского в конце 1924 года, кафедру возглавил профессор Константин Николаевич Кашкин (1866 – 1939), и руководил ею с 1925 года по 1928 год.

В дальнейшем кафедру последовательно возглавляли: доцент П.Г. Сидоренко (1929), доцент Д.А. Попов (1930-1931); чл. Корр. АН СССР профессор А.В. Горинов (1931-1950); профессор С.А. Орбенлианц (1950-1964); профессор М.И. Воронин (1964-1985); доцент В.М. Петров (1985-1997); доцент Н.С. Бушуев (1997-1998); профессор Е.С. Свинцов (1999-2010); доцент С.В. Шкурников (2010 по н.в.) [1].

Коллектив кафедры выполнял и выполняет своё основное предназначение – готовить профессиональных инженеров изыскателей, трассировщиков, проектировщиков железных и автомобильных дорог.

Дисциплина «Изыскания и проектирование железных дорог» является основополагающей в комплексе знаний, формирующих квалифицированного инженера путей сообщения.

Кафедра постоянно стремилась к совершенствованию учебного процесса и поддерживала его на должном уровне.

Начиная с 1935 года, с момента основания проектно-изыскательского института Ленгипротранс, кафедра устанавливает прочные и стабильные связи с ведущим отделом Ленгипротранса – отделом изысканий и проектирования железных дорог.

Прочные партнёрские отношения между кафедрой «Изыскания и проектирование железных дорог» и отделом изысканий и проектирования железных дорог Ленгипротранса скреплены договором о техническом и творческом сотрудничестве [2-3].

Ведущие специалисты Ленгипротранса, ПромтрансНИИ проекта и других учебных и научных институтов постоянно читают лекции и проводят занятия по отдельным специальным разделам.

Производственная практика студентов ежегодно проходит на объектах изысканий и проектирования проектно-изыскательского института «Ленгипротранса» и других ведущих институтов Санкт-Петербурга.

В последние пять-шесть лет многие студенты кафедры начинают свою профессиональную карьеру в отделе железных дорог Ленгипротранса уже с процесса обучения в Университете (начиная с четвёртого курса).

Кафедра «Изыскания и проектирование железных дорог» первая в ЛИИЖТе в 1975 году перешла на реальное дипломное проектирование по объектам тематики Ленгипротранса.

Все крупнейшие и наиболее важные проекты по развитию железнодорожного транспорта государства не обходятся без участия сотрудников, студентов и профессорско-преподавательского состава кафедры «Изыскания и проектирование железных дорог».

Наиболее значимые из них: Реконструкция и развитие Санкт-Петербургского железнодорожного узла; Строительство Ладожского вокзала; Строительство Байкало-Амурской железнодорожной магистрали; Реконструкция и новое строительство железных дорог Надым – Пангоды – Новый Уренгой – Коротчаево; новая железнодорожная линия Новый Уренгой – Ямбург; Строительство новой железнодорожной линии Обская – Бованенково – Харасавэй на территории Ямало – Ненецкого автономного округа; Высокоскоростные железнодорожные линии Санкт – Петербург – Москва и Москва – Нижний Новгород – Екатеринбург; Реконструкция и строительство вторых путей на участке Петрозаводск – Мурманск; Легендарный проект Белкомур и многие другие интересные и важные проекты.

Сотрудники кафедры «Изыскания и проектирование железных дорог» ПГУПСа проводят значительный объём научных исследований, разработок и изысканий.

Написано и издано большое количество статей преподавателей кафедры по различным научным направлениям [4 – 8].

Научная работа кафедры по вопросам реконструкции отдельных направлений сети железных дорог страны с целью повышения на них скоростей движе-

ния поездов – это отклик на веление времени, когда все жизненные процессы ускоряются.

Железнодорожный транспорт, как неотъемлемое звено в сложном производственном процессе и связанной с ним жизнью людей, не может не соответствовать этой общей тенденции ускорения.

Список литературы

1. Бушуев, Н. С. Изыскания и проектирование железных дорог - взгляд на развитие железнодорожного транспорта в будущем / Н. С. Бушуев, С. В. Шкурников, О. С. Булакаева // Инфраструктура транспорта. – 2021. – № 2(2). – С. 59-66. – EDN FHCCMZ.

2. https://lgt.ru/about_company

3. Конюхов, А. П. Участие и роль АО «Ленгипротранс» в проектировании и строительстве БАМА / А. П. Конюхов // Инфраструктура транспорта. – 2023. – № 1(5). – С. 8-12. – EDN QYHNDG.

4. Калинина, Л. А. Особенности проектирования и строительства ВСМ Москва-Казань / Л. А. Калинина, С. В. Шкурников, Н. С. Бушуев // Транспорт: проблемы, идеи, перспективы : сборник трудов LXXVII Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Санкт-Петербург, 17–24 апреля 2017 года. – Санкт-Петербург: Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, 2017. – С. 256-260. – EDN ZUIYBV.

5. Проектирование трассы высокоскоростных магистралей: учебное пособие / Н.С. Бушуев, В.С. Шварцфельд, Д.О. Шульман, О.С. Булакаева. – Санкт-Петербург : ФГБОУ ВО ПГУПС, 2022. – 70 с.

6. Бушуев, Н. С. Рекомендации по выбору параметров круговых кривых при совмещенном движении высокоскоростных пассажирских и скоростных специальных грузовых поездов / Н. С. Бушуев, С. В. Шкурников, В. А. Голубцов // Вестник Института проблем естественных монополий: Техника железных дорог. – 2016. – № 2(34). – С. 71-75. – EDN VVRICZ.

7. Шварцфельд, В. С. Перспективы развития железных дорог Южной Якутии / В. С. Шварцфельд, А. Р. Едигарян, В. В. Баранова // Проектирование развития региональной сети железных дорог. – 2019. – № 7. – С. 6-16. – EDN FSRQFJ.

8. Шварцфельд, В. С. Проектирование реконструкции участка существующей однопутной железнодорожной линии / В. С. Шварцфельд. – Санкт-Петербург : Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Петербургский государственный университет путей сообщения Александра I, 2021. – 70 с. – ISBN 978-5-7641-1570-2. – EDN TYGXXZ.

Контактная информация:

Конюхов Алексей Петрович – заместитель главного инженера АО «Ленгипротранс»; apk@lgt.ru

Author's information:

Aleksey P. Konyukhov – Deputy Chief Engineer of Joint Stock Company (JSC) «Lengiprotrans»; apk@lgt.ru

УДК 625.1

Миронов В.С.¹, Шварцфельд В.С.²

¹Российский университет транспорта (МИИТ), Москва, Россия

²Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, Санкт-Петербург, Россия

К ЮБИЛЕЮ КАФЕДРЫ «ИЗЫСКАНИЯ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ» ПГУПС

В статье изложены основные этапы создания кафедр «Изыскания и проектирование железных дорог» в Ленинградском и Московском институтах инженеров железнодорожного транспорта. Приводится информация о долголетнем сотрудничестве двух кафедр в области науки и подготовке кадров высшей квалификации.

Ключевые слова: Проектирование железных дорог, Изыскания и проектирование железных дорог, сотрудничество, подготовка кадров.

V.S. Mironov¹, V.S. Shvartcfeld²

¹Russian University of Transport (MIIT), Moscow, Russia

² Emperor Alexander I St.Petersburg State Transport University, Saint Petersburg, Russia

TO CELEBRATE THE ANNIVERSARY OF THE DEPARTMENT OF "RESEARCH AND DESIGN OF RAILWAY ENGINEERING" OF THE PGUPS

The article describes the main stages of the creation of the Departments of Railway Research and Design at the Leningrad and Moscow Institutes of Railway Engineers. Information is provided on the long-term cooperation between the two departments in the field of science and training of highly qualified personnel.

Keywords: Railway design, railway surveys and design, cooperation, personnel training.

Необходимость образования самостоятельных кафедр «Изыскания и проектирование железных дорог», преподающих основы изысканий и проектирования железнодорожных линий, включая дипломное проектирование (выпускающие кафедры), назрела в первой четверти 20-го века в связи с накоплением опыта строительства железнодорожных линий в России и развитием теоретических исследований в области изысканий и проектирования этих сложных объектов. Образование кафедр «Изыскания и проектирование железных дорог» в Ленинграде (Санкт-Петербурге) и Москве произошло примерно в одно и то же

время (1924 г.). До этого профильные дисциплины в области проектирования железных дорог преподавались на кафедрах по строительству и эксплуатации железнодорожного пути, а также в других технических вузах. В МИИТ кафедра «Изыскания и проектирование железных дорог» была образована проф. Оппенгеймом К.А., перешедшим в МИИТ из МВТУ им. Баумана. В этот период Константин Александрович Оппенгейм издал фундаментальные учебники [1-3] по курсу «Проектирование железных дорог» (рис. 1 – 3).

К. А. ОППЕНГЕЙМ

Профессор Московского Высшего Технического Училища
и Высших Технических Курсов Н.К.П.С.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ

Часть I

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГАХ

Часть II

ТЯГОВЫЕ РАСЧЕТЫ

с 30 фигурами в тексте

НКПС □ ТРАНСПЕЧАТЬ □ МОСКВА

Рис. 1. Обложка учебника «Проектирование железных дорог. Общие сведения о железных дорогах. Часть 2. Тяговые расчеты

К. А. ОППЕНГЕЙМ

Профессор Московского Высшего Технического Училища и
Московского Института Инженеров Транспорта

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ

Часть III

ГЛАВА

ПРОЕКТИРОВАНИЯ

ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ

с 70 фигурами в тексте.

НКПС □ ТРАНСПЕЧАТЬ □ МОСКВА
1925

Рис. 2. Обложка учебника «Проектирование железных дорог. Технические основы проектирования железных дорог» Часть 3

Н. А. ОППЕНГЕЙМ
Профессор Московского Высшего Технического Училища и
Московского Института Инженеров Транспорта

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ

Часть IV

ИЗЫСКАНИЯ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ

с 110 фигурами в тексте

НИПС = ТРАНСПЕЧАТЬ = МОСКВА
1926

Рис. 3. Обложка учебника «Проектирование железных дорог. Изыскания железных дорог» Часть 4

Сотрудничество кафедр МИИТа и ЛИИЖТа имеет место в различных областях научной, практической и педагогической деятельности.

В период с 1931 по 1950 г кафедрой «Изыскания и проектирование железных дорог» ЛИИЖТа заведовал член корреспондент АН СССР проф. Горинев А.В. С 1943 – 1975 гг. он руководил также кафедрой «Изыскания и проектирование железных дорог» МИИТ.

В этот период был разработан учебник по дисциплине «Изыскания и проектирование железных дорог» (издание 1937 г.), который в последующем совместно с другими сотрудниками неоднократно совершенствовался [4, 5]. Учебник претерпел 6 изданий, был издан за рубежом, а пятое издание 1969 г. [6, 7] было удостоено золотой медали ВДНХ СССР.

Кроме того, были разработаны и изданы в соавторстве преподавателями ЛИИЖТ и МИИТ учебники по проектированию мостов и транспортных тоннелей (под общей редакцией доц. Копыленко В.А., 1999 г.) и дисциплине для специальностей и по проектированию, строительству и реконструкции железных

дорог для специальности «Организация перевозок и управление на транспорте (железнодорожный транспорт)» (под общей редакцией проф. Быкова Ю.А. (МИИТ) и проф. Свинцова Е.С., 2009 г., ЛИИЖТ).

Важное место в сотрудничестве кафедр занимает подготовка научных кадров. С учетом научных интересов консультантов диссертационных исследований подготовлены и успешно защищены многие диссертации на соискание кандидатов технических наук. Достаточно упомянуть, что кафедрой «Изыскания и проектирование ж. д.» ПГУПС заведует доц. Шкурников С. В., первым оппонентом на защите диссертации которого был проф. Турбин И.В. (МИИТ), а кафедрой «Проектирование и строительство железных дорог» РУТ (МИИТ) руководит в настоящее время проф. Волков Б.А, окончивший аспирантуру в ЛИИЖТ (научный руководитель проф. Орбелианц С.А.).

Регулярно проводились оппонирование диссертаций и доклады материалов диссертаций на заседаниях кафедр.

Кафедры ЛИИЖТа и МИИТа сотрудничали в разработке научно-практических тем по развитию и совершенствованию теории и практики железнодорожного проектирования и строительства. Следует отметить отраслевые научно-технические программы по реконструкции и модернизации железных дорог для увеличения скоростей движения пассажирских поездов на магистральной сети страны, выполнявшиеся в период 1985 – 1990 гг. («Прогресс», «Скорость», «Ускорение»), а также совместное участие в разработке современных нормативных документов (СНиП, СП и СТУ для ВСМ) [8-10].

Сотрудники кафедр активно участвуют в работе научно-технических конференций, по результатам которых издаются сборники научных трудов.

Можно отметить международную научно-техническую конференцию, проходившую в феврале 2013 года под девизом «Путь XXI века». На фотографии (рисунок 1) показаны участники конференции.



Рисунок – Участники конференции «Путь XXI века»

На обеих кафедрах периодически проводились методические советы по специальности с участием ведущих сотрудников всех родственных кафедр СССР (РФ), на которых обсуждались учебные планы, рабочие программы дисциплин и другие вопросы развития и совершенствования учебного процесса.

Список литературы

1. Оппенгейм К.А. Проектирование железных дорог. Технические основы проектирования железных дорог» Часть 1. Общие сведения о железных дорогах. Часть 2. Тяговые расчеты: НКПС Транспечать, Москва, 1924 – 292 с.
2. Оппенгейм К.А. Проектирование железных дорог. Технические основы проектирования железных дорог» Часть 3: НКПС Транспечать, Москва, 1925 – 392 с.
3. Оппенгейм К.А. Проектирование железных дорог. Изыскания железных дорог» Часть 4: НКПС Транспечать, Москва, 1926 – 441 с.
4. Изыскания, проектирование и постройка железных дорог Текст : учебник для вузов железнодорожного транспорта / А. В. Горинов ; НКПС, Центральное упр. учеб. заведениями, том. 1. Изыскания и проектирование железных дорог, 1937.
5. Изыскания, проектирование и постройка железных дорог Текст : учебник для вузов железнодорожного транспорта / А. В. Горинов ; НКПС, Центральное упр. учеб. заведениями, том. 2. Изыскания и проектирование железных дорог, 1937.
6. Изыскания и проектирование железных дорог : [учебник для вузов железнодорожного транспорта] / А. В. Горинов. – Москва : Транспорт, 1969 – 366 с.
7. Изыскания и проектирование железных дорог : учебник для вузов железнодорожного транспорта / А. В. Горинов. – Москва : Транспорт, 1969. – Т. 2. – 319 с.
8. Специальные технические условия. Проектирование участка Москва-Казань высокоскоростной магистрали Москва – Казань – Екатеринбург со скоростями движения до 400 км/ч. – СПб, ПГУПС, 2014. Согласованы заместителем министра строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации.

9. Специальные технические условия. Проектирование участка Москва-Казань высокоскоростной магистрали Москва-Казань Екатеринбург со скоростями движения до 400 км/ч. Изменение 1 / решение Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ № 24651-ЕС/03 от 03.08.2016 г. – 70 с.– Текст: электронный // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов: [сайт]. –URL: <http://www.cntd.ru>(дата обращения 16.03.2022).

10. Специальные технические условия. Проектирование участка Москва – Казань высокоскоростной железнодорожной магистрали Москва – Казань – Екатеринбург со скоростями движения до 400 км/ч. Изменение 2. – Санкт-Петербург:Петербургский гос. ун-т путей сообщения, 2017. – 70 с.– Текст : непосредственный.

Контактная информация:

Миронов Виктор Степанович – канд. тех. наук, доц.; <https://rut-miit.ru/depts/103>

Шварцфельд Вячеслав Семенович – д-р тех. наук, проф.; v_s_s@mail.ru

Author's information:

Victor S. Mironov – PhD Eng. Sci., Associate Professor; <https://rut-miit.ru/depts/103>

Vyacheslav S. Shvartcfeld – D Eng. Sci., Professor; v_s_s@mail.ru

УДК 528

Брын М.Я.

Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, Санкт-Петербург, Россия

**К 100-ЛЕТИЮ ДРУЖЕСТВЕННОЙ КАФЕДРЫ.
ГРАНИ СОТРУДНИЧЕСТВА**

Рассмотрены области сотрудничества кафедр «Изыскания и проектирование железных дорог» и «Инженерная геодезия» первого транспортного вуза страны в учебной, научной, воспитательной и других видах деятельности.

Ключевые слова: кафедра «Изыскания и проектирование железных дорог», 100-летие, специалисты в области железных дорог.

M. Bryn

Emperor Alexander I St.Petersburg State Transport University, Saint-Petersburg, Russia

**FOR THE 100–TH ANNIVERSARY OF THE FRIENDLY DEPARTMENT.
THE FACETS OF COOPERATION**

The areas of cooperation between the departments of "Research and design of railways" and "Engineering Geodesy" of the first transport university of the country in educational, scientific, educational and other activities are considered.

Keywords: Department of Railway Research and Design, 100th anniversary, specialists in the field of railways.

Специалисты в области строительства железных дорог, мостов и транспортных тоннелей относятся к специалистам широкого профиля. По завершении учебы они могут работать как линейными инженерами на строительстве железных дорог, так и проектировщиками и изыскателями железных дорог. Но уровень их знаний настолько высок, что они могут работать на строительстве промышленных и гражданских зданий и сооружений. Они с успехом работают и в области инженерной геодезии, могут быть кадастровыми инженерами.

Это во многом связано с тем, что Петербургский университет путей сообщения старается свято соблюдать завет его первого ректора Августина Бетанкура (1758-1824), который в записке к проекту организации Института так сформулировал цель создания учебного заведения: «...снабдить Россию инженерами, которые прямо по выходе из заведения могли бы быть назначены к производству всех работ в Империи».

Важны также традиции образовательной деятельности, передаваемые из поколения к поколению преподавателей. Приведем только две выдержки из «Инструкции должностным лицам, состоящим при Институте Корпуса путей сообщения» 1832 года: «При преподавании быть терпеливым и не досадовать на непонятливость учащегося, а стараться преодолевать оную повторением преподаваемого и объяснением другими словами, примерами, уподоблениями, пока наконец он не поймет». «Надобно требовать собственных рассуждений, а не удовольствоваться тем, чтобы учащиеся выучивали наизусть... Стараться сколько можно больше действовать на их рассудок, не обременяя много памяти выучиванием наизусть, и доводить их до того, чтобы они изъясняемое им понимали более разумом, нежели памятью».

Безусловно, в этом им помогают знания, получаемые по кафедре «Инженерная геодезия». Геодезическая подготовка студентов осуществляется со дня основания университета. Достаточно отметить, что к настоящему времени по кафедре «Инженерная геодезия» обучаются около 1 тыс. студентов разных форм обучения.

Геодезическая подготовка студентов была во многом всегда направлена на необходимость осуществления изыскательской деятельности.

Сотрудничество двух кафедр осуществляется в первую очередь в учебной работе. Среди форм этого сотрудничества можно отметить следующие:

– осуществление кафедрой «Инженерная геодезия» геодезической подготовки будущих изыскателей и проектировщиков, для чего обучающимся читается дисциплина «Инженерная геодезия и геоинформатика» в объеме 32 часа –

лекции и 32 часа – лабораторные работы и проводится геодезическая практика в течение 3-х недель и 2-х дней. Аудиторные занятия проводятся в специализированных лабораториях. Для проведения геодезической практики университет имеет одну из лучших в стране геолого-геодезических баз с геодезическим полигоном, камеральными помещениями, столовой, спальными помещениями, медицинским пунктом, баней, футбольным полем, волейбольной и баскетбольной площадками.

Для проведения занятий кафедра «Инженерная геодезия» имеет кроме оптических приборов (теодолиты, нивелиры) и современные приборы: электронные тахеометры (19 шт.), спутниковая геодезическая аппаратура (6 шт.), цифровые нивелиры (2 шт.), беспилотное воздушное судно.

Участие преподавателей в учебном процессе дружественных кафедр. Так, профессор Анисимов В.А. кафедры «Изыскания и проектирование железных дорог» являясь профессором-совместителем кафедры «Инженерная геодезия» читает лекции и проводит лабораторные занятия по инженерной геодезии для студентов специальности 08.05.01 Строительство уникальных зданий сооружений. В разные годы в зависимости от потребности геодезическую практику проводили преподаватели кафедры «Изыскания и проектирование железных дорог» Милюшкан Ю.А., Шульман Д.О., Федорова Ю. В. Кафедра С.В. Шкурникова ведет дисциплину «Инвентаризация и паспортизация железных дорог» для профиля «Кадастр недвижимости», выпускающей кафедрой по которой является кафедра «Инженерная геодезия». Выпускница аспирантуры по геодезической кафедре к.т.н. Богомолова Н.Н. является доцентом кафедры изыскания и проектирование железных дорог.

Рецензирование учебных пособий, подготовленных преподавателями дружественных кафедр. Отметим также совместную подготовку учебных пособий. Так, в 2020 г. в федеральном государственном бюджетном учреждении дополнительного профессионального образования «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте» издано в 2-х томах учебное пособие «Высокоскоростной железнодорожный транспорт. Общий курс». Среди коллектива авторов и преподаватели дружественных кафедр, это Бушуев Н.С., Шкурников С.В. и Брынь М.Я.

В последние годы на геолого-геодезической базе построен железнодорожный полигон. Преподаватели кафедры «Изыскания и проектирование железных дорог» проводят для студентов 1 курса, проходящих геодезическую практику, занятия по устройству железнодорожного пути, а преподаватели кафедры инженерной геодезии организуют ее съемку.

Научная работа

Заведующий кафедрой «Инженерная геодезия» Брынь М.Я. является членом диссертационного совета, который рассматривает, в том числе диссертационные работы по научной специальности «Железнодорожный путь, изыскание и проектирование железных дорог (технические науки)».

Кафедры организуют совместные научно-практические семинары, чествуют сотрудников кафедр.

Проводятся полевые и камеральные работы по различным темам научно-исследовательских работ. В последние годы кафедры в составе творческих коллективов разработали специальные технические условия для проектирования участка Москва - Казань высокоскоростной железнодорожной магистрали Москва – Казань – Екатеринбург и магистрали Москва – Санкт-Петербург со скоростями движения до 400 км/час.

Проводится совместная работа в научном журнале «Инфраструктура транспорта», в котором со стороны кафедры «Изыскания и проектирование железных дорог» участвуют Шварцфельд В.С. (главный редактор), Булакаева О.С. (ответственный секретарь), Анисимов В.А. (председатель редакционной коллегии), Бушуев Н.С. (член редакционной коллегии), Шкурников С.В. (член редакционной коллегии), а со стороны кафедры «Инженерная геодезия» Брынь М.Я. и Афонин Д.А.

В последнее время кафедры совместно проводят научные исследования в области определения параметров длинных неровностей железнодорожных линий при высокоскоростном и тяжеловесном движении поездов геодезическими методами.

Воспитательная работа:

В ходе проведения геодезической практики всегда проводится контроль ее проведения со стороны выпускающих кафедр. Со стороны кафедры «Изыскания и проектирование железных дорог» участвуют декан факультета Бушуев Н.С., заведующий кафедрой Шкурников С.В. и выпускник кафедры, в настоящее время заместитель главного инженера АО «Ленгипротранс». Конюхов А.П. В ходе контроля проводятся встречи со студентами и беседы с ними.

В текущем году на заседании комиссии математической географии и картографии Санкт-Петербургского отделения Русского географического общества, которую возглавляет М.Я. Брынь, выступили с циклом лекций С.В. Шкурников и А.П. Конюхов, посвященным изыскания и проектированию железных дорог на Байкало-Амурской магистрали, на зарубежных территориях.

В добрый путь в новое столетие дорогие наши друзья, решения всех задач, настойчивости, грамотных студентов и, конечно же, здоровья.

Контактная информация:

Брынь Михаил Ярославович – д-р тех. наук, проф.; bryn@pgups.ru

Author's information:

Michail Y. Bryn – D Eng. Sci., Professor; bryn@pgups.ru

УДК 625.1

Волков Б.А.

Российский университет транспорта (МИИТ), Москва, Россия

КАФЕДРА, ДАВШАЯ ПУТЁВКУ В НАУЧНО-ПЕДАГОГИЧЕСКУЮ ЖИЗНЬ

В статье описываются воспоминания автора о кафедре «Изыскания и проектирование железных дорог» ЛИИЖТа (ныне Петербургский государственный университет путей сообщения императора Александра I). Автор вспоминает своих учителей и наставников, обучение в аспирантуре. Посвящена 100-летию кафедры «Изыскания и проектирование железных дорог» ПГУПС.

Ключевые слова: кафедра «Изыскания и проектирование железных дорог», аспирантура, Учителя, наставники, научная работа.

B.A. Volkov

Russian University of Transport (MIIT), Moscow, Russia

THE DEPARTMENT THAT GAVE A START IN SCIENTIFIC AND PEDAGOGICAL LIFE

The article describes the author's memories of the Department of Railway Research and Design at LIIZHTA (now St. Petersburg State University of Communications of Emperor Alexander I). The author recalls his teachers and mentors, his postgraduate studies. It is dedicated to the 100th anniversary of the Department of "Railway Research and Design" of PGUPS.

Keywords: Department of Railway Research and Design, postgraduate studies, Teachers, mentors, scientific work.

Окончив в 1958 году строительный факультет Московского института инженеров транспорта (МИИТ), был направлен на работу в Уралгипротранс (г. Свердловск, ныне Екатеринбург). В те времена высшее образование было бесплатным, но студент после окончания ВУЗа обязан был проработать не менее трёх лет там, куда его направят.

Проработав в Уралгипротрансе семь лет, приняв участие в изысканиях, проектировании и строительстве объектов железнодорожного транспорта на Урале и в Сибири, (новые железнодорожные линии: Тюмень – Сургут, Решоты – Богучаны, вторые пути: Свердловск – Дружинино, Свердловск – Гороблагодатск, реконструкция пути Баженово – Асбест и т.д.), и полгода в Уральском электромеханическом институте инженеров транспорта (ныне Уральский государственный университет путей сообщения), приняв участие в

организации в нём строительного факультета, поступил в 1965 году на конкурсной основе в аспирантуру на кафедру «Изыскания, проектирование и постройка железных дорог» Ленинградского института инженеров железнодорожного транспорта (ЛИИЖТ'а). В то время на этой кафедре работали замечательные педагоги: Сергей Амирович Орбелианц, Михаил Иванович Воронин, Георгий Николаевич Жинкин, Лев Залмович Прасов, Виктор Иванович Грязнов. Моим научным руководителем стал профессор, доктор технических наук Сергей Амирович Орбелианц, у которого было ещё два аспиранта: Владимир Петров и Казис Сакалаускас.

После защиты докторской диссертации Георгием Николаевичем Жинкиным кафедра «Изыскания, проектирование и постройка железных дорог» ЛИИЖТа разделилась на две кафедры: «Изыскания и проектирование железных дорог» (руководитель кафедры был Михаил Иванович Воронин (рис. 1) и кафедра строительного производства (руководитель кафедры Георгий Николаевич Жинкин – рис. 2.).



Рис. 1. Воронин Михаил Иванович (1906 – 1996) [1]



Рис. 2. Жинкин Георгий Николаевич (2017 - 2010) [2]

Оканчивал аспирантуру через три года на кафедре «Изыскания и проектирование железных дорог» ЛИИЖТ'а, защитив диссертацию на тему «Определение оптимального положения проектной линии второго пути с помощью ЭЦВМ». Это была третья диссертация по проблеме автоматизации проектирования железных дорог. Две первых были защищены в МИИТ'е (автоматизация проектирования новых железных дорог – Геннадий Львович Аккерман (рис. 3), реконструкция однопутных железных дорог – Борис Сергеевич Мальшев (рис. 4).

Наряду с диссертационным исследованием кафедра привлекала меня к выполнению научных работ, связанных с проектированием Русских горок (прообраз Американских горок), размещаемых в парках Ленинграда. Мне доверили провести тяговые расчёты движения пассажирских «карет». На кафедре выполнялся большой объём исследований по повышению скоростей движения пассажирских поездов на железнодорожных магистралях в Европейской части СССР.

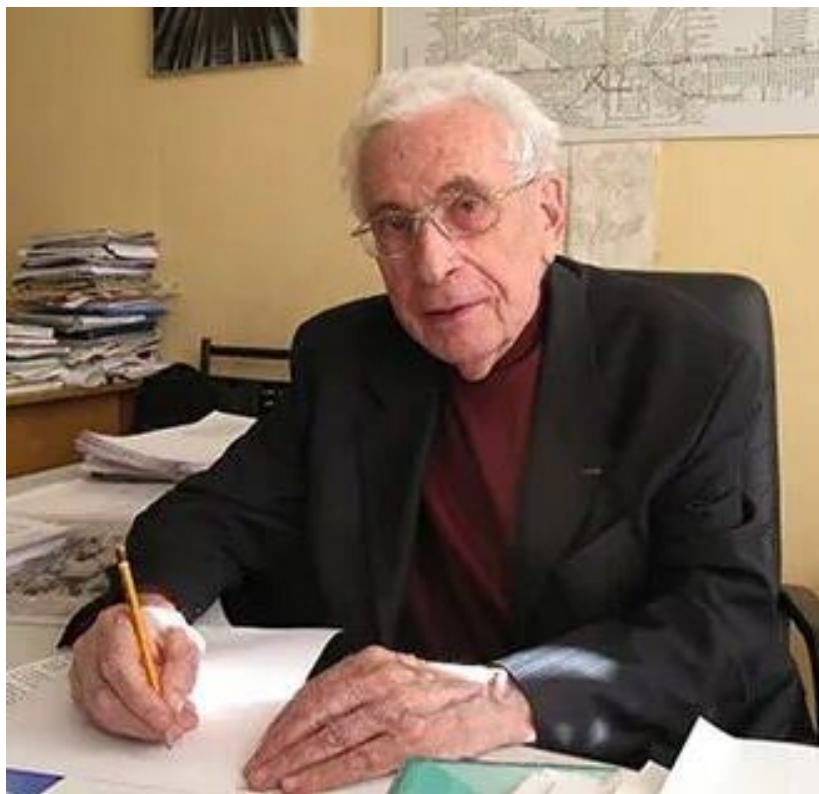


Рис. 3. Аккерман Геннадий Львович [3]



Рис. 4. Малышев Борис Сергеевич [4]

Мне пришлось принять участие в анализе возможности обеспечения скоростных поездов на железнодорожной магистрали Москва – Киев. Анализ показал, что для обеспечения скорости пассажирских поездов 200 км/час, необходимо переустройство почти всей трассы этой магистрали. Эти работы проводились на кафедре под руководством Льва Залмановича Прасова. Другой интересной работой было спрямление железнодорожной линии Ленинград – Мурманск. Обследование этой линии проводилось под руководством Виктора Ивановича Грязнова. Как-то при возвращении из Мурманска в поезде украли у меня пальто и деньги. Проспал от усталости. К Ленинграду подъезжал голодный под Вагнеровскую музыку, которая в бодром стиле неслась из динамиков купе.

После защиты кандидатской диссертации полгода проработал ассистентом на кафедре «Изыскания и проектирование железных дорог» ЛИИЖТ'а. Последнее моё занятие со студентами в новом корпусе ЛИИЖТ'а прервало наводнение. Выглянув в окно, увидел, что горбатый мостик через Фонтанку на Московском проспекте начал уходить в воду. Занятие пришлось прервать. Студенты пошли помогать поднимать вещи с цокольного этажа наверх.

В настоящее время работаю в Российском университете транспорта (МИИТ'а), выполняя обязанности заведующего кафедрой «Проектирование и строительство железных дорог». В МИИТ'е работаю свыше 50-ти лет и постоянно держу связь с кафедрой «Изыскания и проектирования железных дорог» ЛИИЖТ'а.

В 1981 году защитил диссертацию «Экономические проблемы совершенствования управления проектно-изыскательскими работами в транспортном строительстве» на звание доктора экономических наук. В числе оппонентов при защите этой диссертации выступал заведующий кафедрой «Изыскания и проектирование железных дорог» ЛИИЖТа профессор Михаил Иванович Воронин.

С профессором Евгением Степановичем Свинцовым (рис. 5), который руководил кафедрой ЛИИЖТа в 1999 по 2010 годы, написан учебник для ВУЗов «Экономические изыскания и основы проектирования железных дорог», который выдержал два издания: в 1990 и 2005 годы [6].

Мне пришлось поработать в пяти ВАК'овских диссертационных советах, в том числе в диссертационном совете ЛИИЖТа, в котором защищали свои кандидатские диссертации сегодняшние лидеры кафедры Николай Сергеевич Бушуев и Сергей Васильевич Шкурников, которым желаю в ближайшее время защиты докторских диссертаций.



Рис. 5. Свинцов Евгений Степанович [5]

Все мои (рис. 6) награды и звания:
заслуженный работник высшего образования РФ;
почётный профессор МИИТа;
почётный академик Российской академии наук (по отделению экономики);
лауреат премии Михаила Ломоносова;
почётный железнодорожник;
почетный транспортный строитель;
победитель Всероссийского конкурса «Золотые имена высшей школы».

Считаю, что эти звания и награды являются и достижением кафедры «Изыскания и проектирование железных дорог» Петербургского государственного университета путей сообщения императора Александра I, давшей мне путёвку в трудную, но интересную научно-педагогическую жизнь (рис. 6).



Рис. 6. Волков Борис Андреевич [7]

Список литературы

1. https://www.pgups.ru/news/education/dinastii_voroniny/
2. <https://ru.ruwiki.ru/wiki/%D0%96%D0%B8%D0%BD%D0%BA%D0%B8%D0%BD,%D0%93%D0%B5%D0%BE%D1%80%D0%B3%D0%B8%D0%B9%D0%9D%D0%B8%D0%BA%D0%BE%D0%BB%D0%B0%D0%B5%D0%B2%D0%B8%D1%87>
3. <https://gudok.ru/zdr/181/?ID=1403801>
4. https://vk.com/photo-43095398_292970105
5. Ковальчук, М. А. Кафедра "Изыскания и проектирование железных дорог": этапы становления и развития : Исторический очерк / М. А. Ковальчук, В. С. Шварцфельд. – Хабаровск : Дальневосточный государственный университет путей сообщения, 2016. – 204 с. – ISBN 978-5-262-00783-7. – EDN ZGAPCL.
6. Экономические изыскания и основы проектирования железных дорог : Учебник / Б. А. Волков, И. В. Турбин, Е. С. Свинцов, Н. С. Лобанова. – Москва : Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте|Маршрут, 2005. – 408 с. – ISBN 5-89035-250-4. – EDN RXGMKL.
7. <https://www.dissnet.org/person/VolkovBA>

Контактная информация:

Волков Борис Андреевич – д-р эконом. наук, проф.; <https://www.mii.ru/people/1790>

Author's information:

Boris A. Volkov – D Economics Sci., Professor; <https://www.mii.ru/people/1790>

ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЙ ПУТЬ

УДК 625.17

Андреев А. В.

Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, Санкт-Петербург, Россия

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОЗВЫШЕНИЯ НАРУЖНОГО РЕЛЬСА. УЧЕТ СТОИМОСТИ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА

В статье дается описание методики определения возвышения наружного рельса с учетом стоимости жизненного цикла. Под жизненным циклом в данном случае понимается промежуток времени от укладки рельсошпальной решетки при капитальном ремонте до разборки рельсошпальной решетки по окончании межремонтного цикла. Т.е. жизненный цикл будет в себя включать время на производство ремонтных работ в течение межремонтного цикла и время эксплуатации железнодорожного пути между ремонтами. Отсюда стоимость жизненного цикла будет равняться суммарным затратам на протяжении межремонтного цикла. Для определения возвышения наружного рельса, которое бы учитывало затраты на производство путевых работ, было решено найти такое непогашенное ускорение, при котором затраты были бы минимальны.

Ключевые слова: возвышение наружного рельса, непогашенное ускорение, вертикальный износ, стоимость жизненного цикла.

Andreev A.V.

Emperor Alexander I St.Petersburg State Transport University, Saint Petersburg, Russia

DETERMINATION OF RAILWAY CURVE SUPERELEVATION. LIFE CYCLE COST ACCOUNTING

The article describes the methodology for determining the railway curve superelevation taking into account the life cycle cost. In this case, the life cycle is understood as the period of time from the laying of the track during major overhaul of the track to the dismantling of the track at the end of the overhaul cycle. That is, the life cycle will include the time for carrying out track works during the overhaul cycle and the time of operation of the railway track between repairs. Hence, the life cycle cost will be equal to the total costs over the overhaul cycle. In order to determine the railway curve superelevation that would take into account the costs of track work, it was decided to find such a non-compensated acceleration that would minimize the costs.

Keywords: railway curve superelevation, non-compensated acceleration, vertical wear, life cycle cost

Введение

Определение оптимального возвышения наружного рельса во все времена было важнейшим аспектом при проектировании кривых участков пути. Еще на стыке XIX-XX века, как было описано в статье «Определение возвышения наружного рельса. История вопроса» [1], расчет возвышения наружного рельса учитывало равномерный износ внутреннего и наружного рельса, что позволяло увеличить межремонтный цикл рельсов. С появлением нового Руководства возвышения наружного рельса [2] при определении возвышения наружного рельса учитываются также допустимая скорость и специализация пути, что также оптимизирует величину возвышения. Более подробно о методике, описанной в новом Руководстве [2], и других методиках рассказано в статье «Определение возвышения наружного рельса. Сравнение существующих методик» [3]. Оптимизировать возвышение наружного рельса также может рациональное планирование затрат в течение межремонтного цикла. Для оценки затрат в течение межремонтного цикла было решено определить стоимость жизненного цикла рельсошпальной решетки для существующих кривых участков пути.

Оценка путевого комплекса на основе многофакторного анализа

В настоящее время выбор элементов верхнего строения пути связывают с промежутком времени, в течение которого производится их эксплуатация. В Правилах назначения ремонтов [4] этот промежуток времени называют межремонтным циклом, в методологии Управления ресурсами, рисками и надежностью на этапах жизненного цикла (УРРАН) [5] данный период является частью жизненного цикла (промежутка времени от этапа укладки до этапа утилизации). В методологии определения Комплексной оценки состояния железнодорожного пути (КОСП) [6] также пользуются понятием межремонтного цикла. В методологии производится многофакторный анализ конструктивных частей пути, не затрагивающий многих факторов эксплуатационных условий.

Правила назначения ремонтов [4] и методологии, приведенные выше, применимы для оперативного мониторинга состояния безопасности, удобны для визуального анализа состояния жизненного цикла верхнего строения пути, но не всегда позволяют выбрать оптимальную конструкцию пути для фактических условий эксплуатации. При этом данные методики существуют отдельно друг от друга, что способствует противоречивости некоторых понятий.

Если же говорить отдельно о методологии Управления ресурсами, рисками и надежностью на этапах жизненного цикла (УРРАН), то она не позволяет глубоко исследовать причины технических отказов, а в расчетах использует валовые показатели отказов всех категорий, отнесенные на общую протяженность дистанции, что не отражает фактического состояния пути.

Для более детальной оценки путевого комплекса с учётом оперативных показаний путеизмерительного вагона, комплексной оценки состояния пути, управления надежностью объекта и ресурсами стоит рассмотреть вышеуказан-

ные методике совместно. Такой комплексный подход позволит не только определить оптимальные конструкции верхнего строения, но и оптимальные проектные решения. В том числе наилучшее возвышение наружного рельса с учетом затрат на протяжении жизненного цикла.

Стоимость жизненного цикла

При рассмотрении понятия стоимости жизненного цикла, как и в случае с жизненным циклом, необходимо использовать методологию УРРАН, которая является развитием зарубежного аналога – методологии RAMS [7]. Понятие жизненного цикла объекта появилось именно в зарубежной методологии. Суть методологии RAMS заключается в мониторинге элементов инфраструктуры с точки зрения их безотказного, ремонтпригодного и безопасного состояния. В методологии УРРАН к этим понятиям добавляются долговечность конструкций и экономичность эксплуатации объектов. В данной методологии минимизация стоимости жизненного цикла является обязательным условием оптимизации при эксплуатации объекта инфраструктуры.

В общем виде стоимость жизненного цикла для любого объекта по методологии УРРАН [4] определяется как сумма стоимостей на каждом этапе жизненного цикла:

$$\text{СЖЦ} = C_{\text{разр.}} + C_{\text{приобр.}} + C_{\text{уст.}} + C_{\text{вл.}} + C_{\text{утил.}}; \quad (1)$$

где $C_{\text{разр}}$ – стоимость разработки проекта; $C_{\text{приобр}}$ – стоимость приобретения элементов верхнего строения пути (ВСП); $C_{\text{уст.}}$ – стоимость установки; $C_{\text{ТС}}$ – стоимость владения; $C_{\text{зам}}$ – стоимость вывода из эксплуатации и утилизации.

где $C_{\text{разр.}}$ - стоимость разработки;
 $C_{\text{приобр.}}$ - стоимость приобретения;
 $C_{\text{уст.}}$ - стоимость установки;
 $C_{\text{ТС}}$ - стоимость владения;
 $C_{\text{зам.}}$ - стоимость вывода из эксплуатации и утилизации.

Стоимость жизненного цикла для верхнего строения пути – это межремонтный цикл, то есть период от капитального ремонта (строительства, реконструкции) до следующего капитального ремонта. Межремонтный цикл для верхнего строения пути в кривом участке пути предусматривает пять этапов, указанных на рисунке 1.

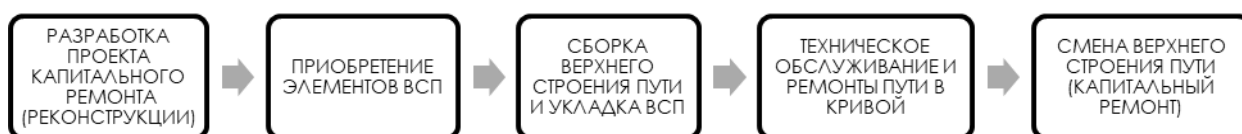


Рисунок 1. Этапы жизненного цикла верхнего строения пути

Стоимость жизненного цикла в этом случае равняется сумме затрат на ремонт и текущее содержание на этих этапах. Стоимость жизненного цикла определяется по следующей формуле:

$$S_{\text{СМЦ}} = S_{\text{рек,кр}} + S_{\text{пром.рем.}} + S_{\text{ТОиР}} + S_{\text{ут.}} - S_{\text{возв.}} \quad (2)$$

где $S_{\text{рек,кр}}$ – стоимость реконструкции, капитального ремонта железнодорожного пути, руб.;

$S_{\text{пром.рем.}}$ – стоимость промежуточных ремонтов пути, руб.;

$S_{\text{ТОиР}}$ – стоимость технического обслуживания и промежуточных ремонтов пути, руб.;

$S_{\text{ут.}}$ – стоимость утилизации, руб.;

$S_{\text{возв.}}$ – возвратная стоимость, руб.

По формуле 2 видно, что все стоимости, указанные в ней, направлены на организацию либо ремонтных работ, либо работ технического обслуживания (текущего содержания пути), поэтому формула 2 преобразуется в следующее выражение:

$$S_{\text{СМЦ}} = Z_{\text{ТО}} + Z_{\text{Р}}; \quad (3)$$

где $Z_{\text{ТО}}$ – затраты на выполнение работ технического обслуживания;
 $Z_{\text{Р}}$ – затраты на выполнение ремонтных работ (капитальные и промежуточные ремонты).

В формуле 3 рассмотрение технического обслуживания и ремонтов происходит совместно. Для возможности правильного анализа состояния пути следует разделить эти два понятия.

Затраты на техническое обслуживание в общем виде будут определяться по следующей формуле:

$$Z_{\text{ТО}} = \sum (V_i \cdot \text{Ц}_i) \times K_{\text{раб}} K_{\text{др}} \quad (4)$$

где V_i – определенные расчетами объемы основных работ технического обслуживания;

i – работа (группа работ);

Ц_i – затраты на производство i -ой работы (единичная стоимость), руб.;

$K_{\text{раб}}$ – коэффициент, учитывающий прочие работы технического обслуживания. Определяется на основе обработки статистических данных по объемам работ и финансовых затрат на

K_{np} – выполнение работ технического обслуживания;
– коэффициент, учитывающий накладные расходы и прочие затраты. На основании анализа калькуляций работ в дистанциях пути, он принимается равным 1,34.

Общая оценка технического обслуживания ставится на основе единичной стоимости работ. Единичная стоимость работ технического обслуживания определяется калькуляционным расчетом для каждой работы по технологонормировочным картам и техническим нормам времени и учитывает прямые расходы на выполнение работ.

В качестве выполняемой работы для устранения конкретных неисправностей принимается наиболее часто используемый способ выполнения этих работ.

При расчете по фактическим объемам работ в предыдущие годы производится анализ баз данных ЕКАСУИ и АСУ-Путь по объемам работ технического обслуживания.

Объемы работ в формуле 4 берутся по базам данных за три года, предшествующих расчетному году, с использованием расчетных выкладок Андреева Г.Е. [8].

Расходы на ремонты пути определяются по укрупненным калькуляциям.

Затраты на ремонтные работы, входящие в стоимость жизненного цикла, рассчитываются по следующей формуле:

$$S_p = S_{\text{рек.кр}} + S_{\text{пром.рем.}} = K_k + \sum_i (n_i K_i) \quad (5)$$

- где $S_{\text{рек.кр}}$; K_k – стоимость реконструкции, капитального ремонта или модернизации железнодорожного пути, руб.;
- $S_{\text{пром.рем.}}$ – стоимость промежуточных ремонтов пути, входящих в межремонтную схему (средние и подъемочные ремонты, планово-предупредительные выправки, работы по сплошной смене элементов верхнего строения пути), руб.;
- K_i – стоимость i -го вида промежуточного ремонта, определяемая по укрупненным среднесетевым калькуляциям, руб.;
- n_i – число ремонтов i -го вида в межремонтном сроке.

Ожидаемая продолжительность межремонтного цикла определяется из условия наступления предельного состояния, то есть такого состояния пути, при котором его дальнейшая эксплуатация без капитального ремонта пути (модернизации, реконструкции) становится нецелесообразной. Таким образом, расчет продолжительности межремонтного цикла производится по результатам оптимизационных расчетов, исходя из условия, что капитальный ремонт назна-

чается в год, когда среднегодовая стоимость жизненного цикла начинает увеличиваться по отношению к предыдущему году.

Для определения наилучшего возвышения наружного рельса с учетом стоимости жизненного цикла было решено связать стоимость жизненного цикла и фактические эксплуатационные показатели через принцип оптимизации.

Принцип оптимизации жизненного цикла

Для определения наилучшего возвышения наружного рельса с учетом затрат на техническое обслуживание и ремонты пути было решено взять такую продолжительность жизненного цикла, при которой общая стоимость жизненного цикла, отнесенная к одному году службы, будет минимальна.

В этом случае оптимальная стоимость жизненного цикла находится из условия:

$$\frac{S_{сжц}}{t} = \frac{f(t)}{t} \Rightarrow \min \quad (6)$$

где $S_{сжц}/t$ – общая стоимость жизненного цикла, отнесенная к одному году срока службы для конкретных условий эксплуатации, выраженная в виде зависимости от срока в годах t после последней укладки верхнего строения пути в ходе капитального ремонта (реконструкции, модернизации).

Конкретный вид функции $S_{сжц} = f(t)$ определяется по результатам в ходе моделирования силового взаимодействия пути и подвижного состава, динамических испытаний воздействия различного подвижного состава на путь в различных исходных условиях; эксплуатационных наблюдений с мониторингом основных параметров технического состояния пути и анализа фактических затрат на техническое обслуживание и ремонты пути.

Оптимальная продолжительность жизненного цикла $t_{сжц}$ определяется как минимум функции $S_{сжц} = f(t)$ из условия равенства нулю первой производной:

$$\frac{\partial(S_{сжц}/t)}{\partial(t)} = \frac{\partial(f(t)/t)}{\partial(t)} = 0. \quad (7)$$

Возможно решение этой задачи численными методами. В этом случае производятся вариантыные расчеты стоимости жизненного цикла и определение оптимального срока службы, при котором суммарные затраты будут минимальными.

Так как продолжительность жизненного цикла зависит не только от технического обслуживания, но и от выполняемых на протяжении жизненного цикла ремонтов пути, расчет производится по нескольким вариантам, с различной схемой выполнения промежуточных ремонтов.

Из нескольких вариантов межремонтных схем в расчет принимается такая схема, которая дает наименьшую стоимость жизненного цикла.

Так как интенсивность накопления неисправностей напрямую связано с продолжительностью межремонтного цикла и с теми непогашенными ускорениями, которые образуются в кривых участках по мере эксплуатации, [1] то выражение 7 будет справедливо и для зависимости стоимости жизненного цикла от непогашенного ускорения.

Оптимальное непогашенное ускорение $a_{\text{нп/опт}}$ определяется как минимум функции $S_{\text{СЖЦ}} = f(a_{\text{нп/СЖЦ}})$ из условия равенства нулю первой производной:

$$\frac{\partial(S_{\text{СЖЦ}}/a_{\text{нп/СЖЦ}})}{\partial(a_{\text{нп/СЖЦ}})} = \frac{\partial(f(a_{\text{нп/СЖЦ}})/a_{\text{нп/СЖЦ}})}{\partial(a_{\text{нп/СЖЦ}})} = 0. \quad (8)$$

Т.е. задача по определению наилучшего непогашенного ускорения с учетом стоимости жизненного цикла сводится к тому, чтобы найти такое непогашенное ускорение, при котором стоимость жизненного цикла будет минимальна.

Выражение (8) является принципом оптимизации стоимости жизненного цикла в зависимости от непогашенного ускорения и, соответственно, от возвышения наружного рельса, так как возвышение наружного рельса и величина непогашенного ускорения связаны между собой [1].

Учет стоимости жизненного цикла при определении возвышения наружного рельса

Для дальнейшего расчета стоимости жизненного цикла на основе объемов путевых работ были определены затраты на производство ремонтов пути и основных работ технического обслуживания железнодорожного пути. К основным работам технического обслуживания пути были отнесены:

1. замена рельсов по боковому износу;
2. одиночная смена шпал;
3. регулировка ширины рельсовой колеи;
4. шлифовка рельсов;
5. одиночная смена рельсов;
6. одиночная смена подрельсовых прокладок;
7. рихтовка пути;
8. выправка пути в профиле и по уровню;
9. одиночная смена элементов креплений.

Затраты были определены на основе единичных стоимостей затрат труда и материалов, взятых в открытом доступе или предоставленных дистанцией пути.

Значения непогашенных ускорений для построения зависимостей были определены на основе данных, полученных со скоростемерных лент, предоставленных дистанциями пути. Так как на протяжении кривого участка непогашенные ускорения могут быть разными, то для определения зависимостей затрат от непогашенных ускорений было решено определять средневзвешенное непогашенное ускорение по каждой кривой. Определение производилось с использованием статистического анализа на основе скоростей и весов, обращаю-

щихся на данных кривых поездов. Суточные размеры движения определялись по исполненному графику движения поездов.

Для каждой работы технического обслуживания пути были определены функции зависимости затрат от непогашенного ускорения. Для того, чтобы минимизировать влияние неточностей в информации, предоставленной дистанцией пути, все многообразие данных было усреднено и разбито на несколько групп в зависимости от фактических непогашенных ускорений.

На основе полученных зависимостей затрат от непогашенных ускорений был сделан вывод, что все работы можно разделить на две группы. Для одних работ затраты увеличиваются при увеличении положительных непогашенных ускорений. Для других же работ свойственно увеличение затрат при отрицательных непогашенных ускорениях. В качестве зависимости стоимости жизненного цикла от непогашенного ускорения была выбрана экспоненциальная зависимость. Так как получить минимум для функции $f(x)=ae^{bx}$ невозможно, то было решено для получения непогашенных ускорений ($a_{\text{нп/сжц}}$) воспользоваться следующей суммарной функцией:

$$f(x) = \left(\sum_{i=1}^n A_i e^{b_i x_i} + \sum_{i=1}^m C_i e^{-d_i x_i} \right) \quad (9)$$

- где i – работа на исправление одного из видов неисправностей;
 x_i – переменная (средневзвешенное непогашенное ускорение в рассматриваемой кривой);
 n – количество работ, которым свойственен рост затрат при положительных непогашенных ускорениях;
 m – количество работ, которым свойственен рост затрат при отрицательных непогашенных ускорениях;
 A, b – коэффициенты пропорциональности, учитывающие интенсивность роста затрат при положительных непогашенных ускорениях;
 C, d – коэффициенты пропорциональности, учитывающие интенсивность роста затрат при отрицательных непогашенных ускорениях.

Результаты расчетов по определению непогашенных ускорений ($a_{\text{нп/сжц}}$) приведены в статье Оптимизация возвышения наружного рельса в железнодорожных кривых на основе стоимости межремонтного цикла [9].

Вывод

На основе определенных непогашенных ускорений были рассчитаны величины возвышения наружного рельса. Возвышение наружного рельса с учетом безопасности ($h_{\text{расч}}$) определялось на основе Руководства по определению возвышения наружного рельса [2]. Возвышение наружного рельса с учетом стоимости жизненного цикла ($h_{\text{сжц}}$) рассчитывалось по следующей формуле:

$$h_{\text{сжц}} = 12,5 \frac{V_{\text{ср}}^2}{R} - a_{\text{нп/сжц}} \cdot 163 \quad (10)$$

где $a_{nn}/CЖЦ$ – непогашенное ускорение, определенное из условия минимума стоимости жизненного цикла, м/с²; V_{cp} – средневзвешенная скорость в кривом участке пути, км/ч.

После получения величин возвышения значения округлялись кратно 5 мм и принимались рекомендуемые возвышения наружного рельса ($h_{рек}$).

Рекомендуемые возвышения наружного рельса были определены для всех рассмотренных кривых участков пути. В большинстве случаев фактическое возвышение наружного рельса оказывалось меньше рекомендуемого возвышения, что говорит о том, что при увеличении фактических значений возвышений в таких случаях можно снизить стоимость жизненного цикла без вреда для безопасности движения поездов.

Список литературы

1. Андреев А. В., Определение возвышения наружного рельса. История вопроса // Инфраструктура транспорта/ПГУПС. - СПб, 2021. –№ 2 (2). – С. 52 – 58.
2. Руководство по определению возвышения наружного рельса в кривых на основе двухуровневой системы скоростей, утвержденное распоряжением ОАО «РЖД» от 20.12.2021 №2897/р.
3. Андреев А. В., Определение возвышения наружного рельса. Сравнение существующих методик // Инфраструктура транспорта/ПГУПС. - СПб, 2022. –№ 2 (4). – С. 43 – 49.
4. Правила назначения ремонтов железнодорожного пути: утв. расп. ОАО «РЖД» №2888р от 17.12.2021 г.
5. СТО РЖД 02.037–2011 Управление ресурсами, рисками и надежностью на этапах жизненного цикла (УРРАН). Управление стоимостью жизненного цикла систем, устройств и оборудования хозяйств ОАО «РЖД», 2012. – 28 с.
6. О комплексной оценке состояния пути: утв. распоряжением ОАО «РЖД» №2536р от 14.12.2009 г.
7. Распоряжение 2010.11.16 №2332р. О формировании механизма управления процессами на основе методологии управления надежностью, ресурсами и стоимостью жизненного цикла УРРАН (RAMS) в путевом хозяйстве.
8. Андреев Г.Е. Определение основных объемов работ текущего содержания пути // Проблемы развития скоростного движения поездов. -Л.: Транспорт, 1974.
9. Бельтюков В. П., Андреев А.В., Оптимизация возвышения наружного рельса в железнодорожных кривых на основе стоимости межремонтного цикла // Бюллетень результатов научных исследований. - 2021. - № 3. – С. 34-43.

Контактная информация:

Андреев Андрей Викторович – старший преподаватель ПГУПС; aandreev@pgups.ru

Author's information:

Andrey V. Andreev – Senior Lecturer PGUPS; aandreev@pgups.ru

УДК 528.7

Шварцфельд В.С., Гасилина Е.Е.

Петербургский государственный университет путей сообщения Императора
Александра I, Санкт-Петербург, Россия

ОСНОВНЫЕ АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

Аннотация. В данной статье проводится анализ современных беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), рассматриваются их различные типы, а также их преимущества и недостатки. В центре внимания находятся мультироторные, летающие крылья и гибридные БПЛА. Авторы выделяют такие достоинства БПЛА как высокая маневренность, способность проводить съёмку в труднодоступных местах, а также экономия времени и ресурсов. В то же время исследуются и недостатки, среди которых можно отметить ограниченный радиус действия и низкую устойчивость к воздействию ветра. Также обсуждаются множество областей применения БПЛА, включая гражданскую авиацию, железнодорожную инфраструктуру.

Ключевые слова: беспилотные технологии, дрон, квадрокоптер, железнодорожная инфраструктура, мониторинг, проектирование.

Shvartcfeld V.S., Gasilina E.E.

Emperor Alexander I St.Petersburg State Transport University, Saint Petersburg,
Russia

THE MAIN ASPECTS OF THE USE OF UNMANNED AERIAL VEHICLES IN THE DESIGN AND OPERATION OF RAILWAY INFRASTRUCTURE

This article analyzes modern unmanned aerial vehicles (UAVs), examines their various types, as well as their advantages and disadvantages. The focus is on multi-rotor, flying wings and hybrid UAVs. The authors highlight such advantages of UAVs as high maneuverability, the ability to take pictures in hard-to-reach places, as well as saving time and resources. At the same time, disadvantages are also being investigated, among which it is possible to note the limited range and low resistance to wind. A variety of UAV applications are also being discussed, including civil aviation and railway infrastructure.

Keywords: unmanned aerial vehicles, drone, quadcopter, railway infrastructure, monitoring, design.

Введение

Беспилотные летательные аппараты становятся всё более популярными в нашем мире. Первоначально известные как «беспилотники» или дроны, они находили широкое применение в военной сфере, особенно для выполнения задач разведки, а также в метеорологических службах. Эти аппараты способны вести мониторинг ледовой обстановки, осуществлять экологический контроль, проводить геофизические исследования, картографирование, оказывать поддержку в поисково-спасательных операциях, следить за государственной границей, проводить мониторинг инфраструктуры транспорта, вести видеосъемку ее объектов в недоступных местах и т.п. Все эти задачи могут выполняться беспилотниками круглосуточно, практически в любых погодных условиях, без риска для здоровья и жизни человека.

Последнее время беспилотные летательные аппараты получили широкое распространение, и среди них особенно выделяются квадрокоптеры. Это тип летательных устройств, оснащенных четырьмя несущими винтами, которые вращаются в противоположных направлениях по диагонали. Одним из несомненных преимуществ квадрокоптеров является их высокая маневренность и достаточно высокая скорость передвижения. Они могут не только перемещаться в воздушном пространстве, но и зависать в одном положении на любой высоте.

Стоит отметить, что конструкция квадрокоптера достаточно проста, что позволяет собирать его даже в полевых условиях, если имеются необходимые детали и инструменты. Таким образом, этот тип беспилотных летательных аппаратов открывает новые горизонты в различных областях применения.

Преимущества БПЛА

Беспилотные летательные аппараты (БПЛА) обладают рядом значительных преимуществ, делающих их незаменимыми в различных областях.

- **Повышенная безопасность:** С помощью дронов можно выполнять мониторинг даже в труднодоступных местах или в условиях, когда существует риск для жизни и здоровья персонала. Это значительно снижает вероятность аварийных ситуаций.

- **Экономия времени и ресурсов:** Дроны способны охватывать большие территории гораздо быстрее, чем традиционные методы обследования, что экономит время и снижает затраты на проведение работ.

- **Регулярность наблюдения:** БПЛА позволяют проводить мониторинг на регулярной основе, что помогает в раннем выявлении проблем и быстром реагировании на них.

- **Точные и высококачественные данные:** Дроны могут быть оснащены различными сенсорами, такими как камеры, лидары и тепловизоры. Они позволяют собирать подробные данные о состоянии рельсов, земляного полотна и прилегающей территории. Использование 3D-моделирования и фотограммет-

рии помогает создать точные карты и модели, выявляя даже небольшие отклонения от нормального состояния.

- **Автоматизированный сбор данных:** Современные БПЛА могут работать в автоматическом режиме, что сильно упрощает процесс мониторинга. Они могут следовать заранее заданным маршрутам, что особенно удобно в условиях, где труднодоступные участки могут потребовать много времени для обследования.

В гражданском секторе они находят применение в видеосъемке и фотосъемке, мониторинге территорий, а также в доставке грузов на короткие дистанции. Кроме того, их использование охватывает различные сферы, такие как сельское хозяйство, градостроительство, строительство и многие другие [1].

Проблемы традиционного мониторинга

Традиционные методы контроля железнодорожной инфраструктуры включают визуальные проверки техники и оборудования, использование специализированных транспортных средств и даже пешие осмотры. Эти методы имеют множество недостатков, включая высокие затраты на трудозатраты, потенциальные риски для безопасности инспекторов, а также значительное время, необходимое для проведения осмотров. Более того, они могут быть неэффективными в сборе точной и актуальной информации, что, в свою очередь, может привести к задержкам в выявлении проблем и перерасходу бюджета на обслуживание.

Преимущества использования БПЛА в железнодорожной инфраструктуре

Использование БПЛА для контроля состояния железнодорожной инфраструктуры предлагает множество преимуществ. Во-первых, дроны позволяют проводить проверки гораздо быстрее и с меньшими затратами, чем традиционные методы. Они способны охватывать большие расстояния и предоставлять данные в реальном времени, что значительно ускоряет процесс принятия решений.

Кроме того, современные БПЛА могут быть оснащены различными сенсорами, такими как тепловизоры, инфракрасные камеры и LiDAR-устройства. Это позволяет не только получать высококачественные изображения, но и производить качественный анализ состояния объектов, таких как рельсы, стрелочные переводы, мосты и тоннели. Использование таких технологий значительно улучшает точность выявления потенциальных проблем и «узких мест».

Например, они могут [1]:

- Проводить регулярные визуальные проверки состояния рельсов и путь, оценивать наличие трещин, деформаций и других проблем.
- Участвовать в мониторинге объектов, таких как мосты, водоотводы и тоннели, не требуя наличия на месте команды инспекторов.

- Обеспечивать мониторинг прибрежных и круизных маршрутов, выявляя потенциальные препятствия и аномалии, которые могут повлиять на безопасность движения.

- Собирать данные о погодных условиях и их влиянии на состояние железнодорожной системы, что позволяет улучшать планирование и управление.

Виды беспилотных летательных аппаратов на сетях железных дорог

Для проведения анализа беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) важно рассмотреть различные аспекты, такие как типы БПЛА, их применение, технические характеристики, преимущества и недостатки, а также примеры моделей.

Типы БПЛА можно разделить на несколько категорий (Таблица 1):

1. Модели для гражданского использования;
2. Военные БПЛА;
3. Специальные БПЛА (например, для сельского хозяйства, геодезии, научных исследований).





Важные технические характеристики могут включать максимальную высоту полета, дальность, максимальное время работы, типы используемых сенсоров и систем навигации (Таблица 2). Преимущества и недостатки могут также варьироваться в зависимости от назначения БПЛА [2, 3].

Таблица 1

Категории БПЛА

| Параметр | Гражданские БПЛА | Военные БПЛА | Специальные БПЛА |
|---------------------|--|---------------------------------------|--|
| Применение | Съемка, мониторинг, доставка | Разведка, уничтожение целей | Обработка данных, сельское хозяйство |
| Типы | Коптеры, фиксированные крыла | Тактические, стратегические | Модели для картографирования, научных исследований |
| Максимальная высота | до 500 м | до нескольких тысяч метров | до 3000 м |
| Дальность | до 10 км | до 1000 км | до 200 км |
| Время полета | до 30-40 мин | до 24 часов | до 8 часов |
| Сенсоры | Камеры, GPS | РЛС, тепловизоры, камеры | Специальные датчики |
| Преимущества | Доступность, простота использования | Высокая точность и дальность | Специализация, применение в узких областях |
| Недостатки | Ограниченная дальность, ограничения в законодательстве | Высокая стоимость, сложное управление | Необходимость в специализированных навыках |

Типы БПЛА и их основные технические параметры

| DJI Phantom 4 Pro | | |
|--|---|--|
| Максимальная высота полета: | 6000 м |  |
| Дальность управления: | до 7 км | |
| Время полета: | до 30 минут | |
| Камера: | 20 МП с 1-дюймовым сенсором, 4К видео | |
| Сенсоры: | Обнаружение препятствий в 5 направлениях | |
| Применение: | Аэрофотосъемка, видеосъемка, мониторинг | |
| senseFly eBee X | | |
| Максимальная высота полета: | 3.000 м |  |
| Дальность управления: | до 70 км на одной зарядке | |
| Время полета: | до 90 минут | |
| Камера: | Сменные модули, включая RGB и NIR | |
| Применение: | ГИС, мониторинг земель, архитектурные планы | |
| DJI Mavic 2 Enterprise Advanced | | |
| Максимальная высота полета: | 6 000 м |  |
| Дальность управления: | до 5 км на одной зарядке | |
| Время полета: | До 31 минуты | |
| Камера: | CMOS 1/2, 48 Мп | |
| Применение: | охрана и безопасность, а также инспекция и мониторинг с воздуха | |
| DJI Inspire 2 | | |
| Максимальная высота полета: | 500 м |  |
| Дальность управления: | до 3,5 км на одной зарядке | |
| Время полета: | до 27 минуты | |
| Камера: | CMOS 1/2, 24 Мп | |
| Применение: | мониторинг | |
| Геоскан 201 | | |
| Максимальная высота полета: | 4000 м | |

| | | |
|-----------------------------|---|--|
| Дальность управления: | до 210 км на одной зарядке |  |
| Время полета: | до 180 минут | |
| Камера: | цифровая фотокамера Sony Alpha A6000 | |
| Применение: | Тепловизионный мониторинг, Мультиспектральная съемка, Аэрофотосъемка | |
| Диам 20 | | |
| Максимальная высота полета: | 4000 м |  |
| Дальность управления: | до 800 км на одной зарядке | |
| Время полета: | до 4 80 минут | |
| Камера: | Мультиспектральная, тепловизионная камеры | |
| Применение: | Аэрофотосъемка, Видеомониторинг, Логистика, Тепловизионный мониторинг | |

Безопасность использования беспилотных летательных аппаратов

Относительно рисков и угроз, основными проблемами, с которыми можно столкнуться при использовании БПЛА, являются возможность столкновения с другими воздушными объектами, аварийное падение на землю или на людей, а также вторжение в личную жизнь граждан. Дополнительно, БПЛА могут оказаться в сложных и рискованных местах, доступ к которым ограничен для традиционных летательных аппаратов, например, в зонах лесных пожаров или на сценах чрезвычайных происшествий.

Чтобы уменьшить риски, связанные с эксплуатацией БПЛА, необходимо соблюдать определённые правила безопасности. В первую очередь, важно, чтобы БПЛА были зарегистрированы и сертифицированы, что подтвердит их соответствие установленным стандартам безопасности. Во-вторых, необходимо придерживаться правил полетов, которые устанавливаются в каждой стране, что поможет избежать возможных инцидентов и обеспечить безопасное использование технологий. Выбор соответствующего БПЛА является многокритериальной задачей, в основе которой должны лежать цели и задачи, решаемые при

Заключение

Одним из наиболее значимых направлений применения беспилотных летательных технологий является улучшение систем автономного управления БПЛА. Совершенствование алгоритмов машинного обучения и искусственного интеллекта позволит БПЛА лучше адаптироваться к изменяющимся условиям, а также компенсировать влияние неблагоприятных погодных условий и препятствий в воздухе. Это повысит эффективность работ по мониторингу и обследо-

ванию объектов железнодорожной инфраструктуры, особенно относящихся к путевому хозяйству.

Кроме того, ожидается развитие технологий связи и передачи данных. Внедрение 5G-сетей и других высокоскоростных систем связи улучшит обмен данными между БПЛА и операторами, что позволит проводить более детальное и динамичное отслеживание состояния объектов. Это, в свою очередь, поможет в более оперативном принятии решений на основании актуальной информации о состоянии инфраструктуры.

Параллельно с этим будет увеличиваться использование мультидронных систем, где группа БПЛА будет работать совместно для выполнения сложных задач. Это позволит сократить время и повышать качество работ, таких как обследование огромных территорий или масштабные мониторинговые работы. Благодаря этому можно будет быстрее выявлять проблемы в путевой инфраструктуре, что в конечном итоге приведет к снижению затрат на ее обслуживание и ремонт.

Таким образом, инновации в области БПЛА не только улучшат процессы мониторинга, диагностики и управления, но и откроют новые возможности для автоматизации и интеграции беспилотников в существующие системы управления. Это приведет к более высокому уровню безопасности, эффективности и устойчивости в различных областях. Особенно, это принесет огромную пользу при прогнозировании развития сети железных дорог [7-10], т.к. обследование как существующих железнодорожных линий и их инфраструктуры, так и исследование обширных территорий для проектирования новых линий, поиска приемлемых мест мостовых переходов, строительных карьеров и т.п. позволит существенно сократить затраты на производство изысканий, рассмотреть наибольшее количество альтернатив начертания сети железных дорог для выбора приемлемых решений после соответствующего технико-экономического обоснования [11].

Список литературы

1. Гулый И.М. Применение беспилотных летательных аппаратов на железнодорожном транспорте // Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I. 2022. №6. С. 133-134.
2. ГК «Геоскан» – URL: <https://www.geoscan.ru/ru/blog/bas-geoskana-dlya-videomonitoringa> (Дата обращения 27.06.2023).
3. «БАС» — флагман развития беспилотной гражданской авиации в России. – URL: <https://operatorbas.ru/flot>.
4. Плеханов, П. А. БПЛА на службе железнодорожного транспорта / П. А. Плеханов, Д. Н. Роенков // Автоматика, связь, информатика. – 2023. – № 9. – С. 13-16. – DOI 10.34649/АТ.2023.9.9.003. – EDN BGQUYX.
5. Плеханов, П. А. Характеристики, возможности и проблемы использования беспилотных летательных аппаратов на железнодорожном транспорте / П. А. Плеханов, Д. Н. Роенков // Научно-техническая конференция Санкт-Петербургского НТО РЭС им. А.С. Попова, посвященная Дню радио. – 2024. – № 1(79). – С. 243-245. – EDN YVANRU.

6. Цветков, В. Я. Мониторинг транспортной инфраструктуры с использованием интеллектуальных БПЛА / В. Я. Цветков, В. В. Ознамец // Автоматика, связь, информатика. – 2020. – № 8. – С. 18-21. – DOI 10.34649/AT.2020.8.8.001. – EDN MFCMFL.

7. Шварцфельд, В. С. Решение задачи обоснования усиление мощности полигона железнодорожной сети / В. С. Шварцфельд // Проектирование и усиление железных дорог Урала : Межвузовский тематический сборник научных трудов. Том Выпуск 73. – Свердловск : Уральский электромеханический институт инженеров железнодорожного транспорта, 1984. – С. 14-18.

8. Шварцфельд, В. С. Обоснование этапности усиления мощности полигона железнодорожной сети в предпортовом регионе : специальность 05.22.03 : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Шварцфельд Вячеслав Семенович. – Москва, 1984. – 197 с.

9. Шварцфельд, В. С. Обоснование этапности усиления мощности полигона железнодорожной сети / В. С. Шварцфельд // Роль молодых ученых и специалистов в развитии научно-технического прогресса на железнодорожном транспорте : Тезисы отраслевой научно-технической конференции, Москва, 23–24 мая 1984 года. – Москва: Всесоюзный научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта, 1984. – С. 59-61.

10. Шварцфельд, В.С. Декомпозиция задачи этапного усиления мощности полигона железнодорожной сети в предпортовом регионе. – / В.С. Шварцфельд // Рук. деп. в ВПИТрансстрой, № 97-ТС-Д84. – 1984. – 16 с.

11. Шварцфельд, В. С. О сравнении вариантов строительства и реконструкции железных дорог при многоэтапных капитальных вложениях / В. С. Шварцфельд // Вопросы проектирования и усиления железных дорог Дальнего Востока : Сборник научных трудов. – Хабаровск : Хабаровский институт инженеров железнодорожного транспорта, 1988. – С. 24-30.

Контактная информация:

Шварцфельд Вячеслав Семенович – д-р тех. наук, проф.; v_s_s@mail.ru

Гасилина Екатерина Евгеньевна – аспирант; katerina.yakovleva2014@yandex.ru

Author's information:

Vyacheslav S. Shvartcfeld – D Eng. Sci., Professor; v_s_s@mail.ru

Ekaterina E. Gasilina– graduate student; katerina.yakovleva2014@yandex.ru

УДК 625.12

Журавлев И.Н., Рейн Е.Г., Прохоров А.С.

Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, Санкт-Петербург, Россия

СТРОИТЕЛЬСТВО ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ НА МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫХ ГРУНТАХ В АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ: ИСТОРИЧЕСКИЙ ОПЫТ И СОВРЕМЕННЫЕ РЕАЛИИ

В статье очерчен широкий круг инженерных задач, обусловленных спецификой железнодорожного строительства в арктической зоне. Подробно рассмотрены особенности сооружения

земляного полотна на многолетнемерзлых грунтах, отдельное внимание уделено комплексу вопросов, связанных с процессами сезонного промерзания-оттаивания. Также в статье изложен исторический опыт строительства железных дорог в условиях вечной мерзлоты на примере Транссибирской магистрали (Транссиб) и Байкало-Амурской магистрали (БАМ), затронуты проблемы в области современного железнодорожного строительства в Арктике на примере Северного широтного хода (СШХ).

Ключевые слова: многолетнемерзлые грунты, арктическая зона, Северный широтный ход, железнодорожное строительство, земляное полотно

I.N. Zhuravlev, E.G. Rein, A.S. Prohorov

Emperor Alexander I St.Petersburg State Transport University, Saint-Petersburg, Russia

CONSTRUCTION OF RAILWAYS ON PERMAFROST SOILS IN THE ARCTIC ZONE: HISTORICAL EXPERIENCE AND MODERN REALITIES

The article outlines a wide range of engineering problems caused by the specifics of railway construction in the Arctic zone. The features of the construction of the subgrade on permafrost soils are considered in detail, special attention is paid to a set of issues related to the processes of seasonal freezing and thawing. The article also presents the historical experience of constructing railways in permafrost conditions using the example of the Trans-Siberian Railway (Transsib) and the Baikal-Amur Mainline (BAM), and touches upon the problems in the field of modern railway construction in the Arctic using the example of the Northern Latitudinal Railway (NLR).

Keywords: permafrost soils, Arctic zone, Northern Latitudinal Railway, railway construction, railway subgrade

Введение

Последовательное освоение территории Арктики, имеющее важное экономическое и стратегическое значение для современной России, невозможно представить без развития транспортной инфраструктуры. В текущих условиях, характеризующихся неуклонным повышением скоростей движения поездов, ростом погонных и осевых нагрузок, внедрением новых технических и технологических решений, железнодорожный транспорт по-прежнему играет ведущую роль в обеспечении функционирования Единой транспортной системы России. Оставаясь основным видом транспорта для осуществления дальних грузовых и пассажирских перевозок, в ряде регионов страны железнодорожный транспорт является внеконкурентным видом. Учитывая вышесказанное, такой масштабный проект как Северный широтный ход, реализуемый в условиях арктической зоны, имеет первостепенное значение. Вместе с тем, строительство железной дороги в столь сложных инженерно-географических условиях сопряжено с рядом специфических особенностей, требующих самого пристального внимания на всех этапах осуществления проекта. В частности, практически повсеместное распространение в арктической зоне многолетнемерзлых грунтов ставит перед строителями и проектировщиками инженерные задачи, решение

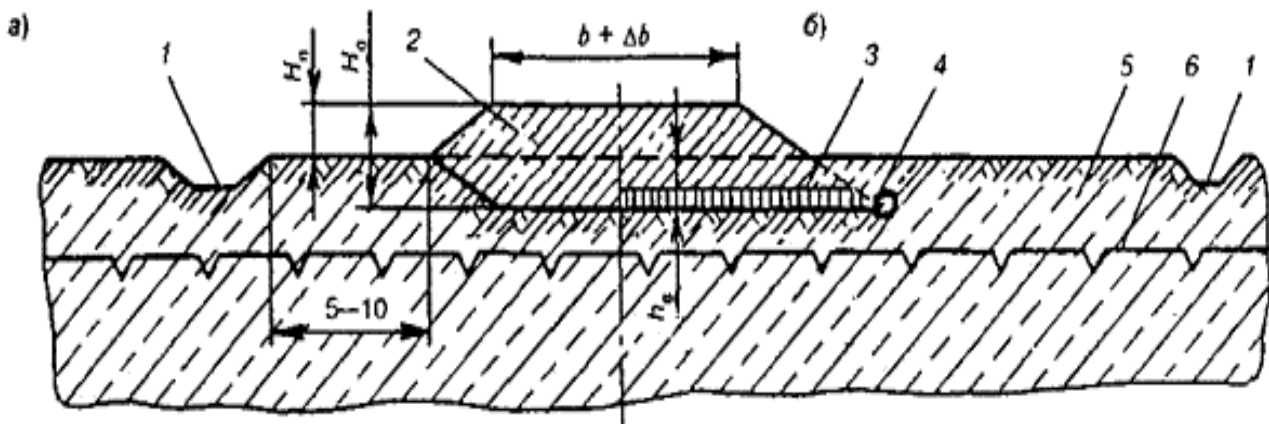
которых следует искать, опираясь на имеющийся исторический опыт сооружения железных дорог в схожих условиях и с учетом современных научно-технических достижений в области транспортного строительства.

1 Особенности сооружения земляного полотна на многолетнемерзлых грунтах

Природные условия арктической зоны, где среднегодовая температура не превышает нулевой отметки по шкале Цельсия, а районы распространения многолетнемерзлых грунтов занимают огромные по площади территории, обуславливают специфические особенности железнодорожного строительства. Железная дорога, являясь, сложной технической системой, призвана обеспечивать безопасный и бесперебойный пропуск поездов с установленными скоростями, что, в свою очередь, возможно лишь при обеспечении надежной работы всех ее элементов. В связи с этим, обеспечение прочности и устойчивости земляного полотна, как важнейшего элемента железной дороги, является первостепенной задачей и требует особого подхода в неблагоприятных инженерно-географических условиях Арктики.

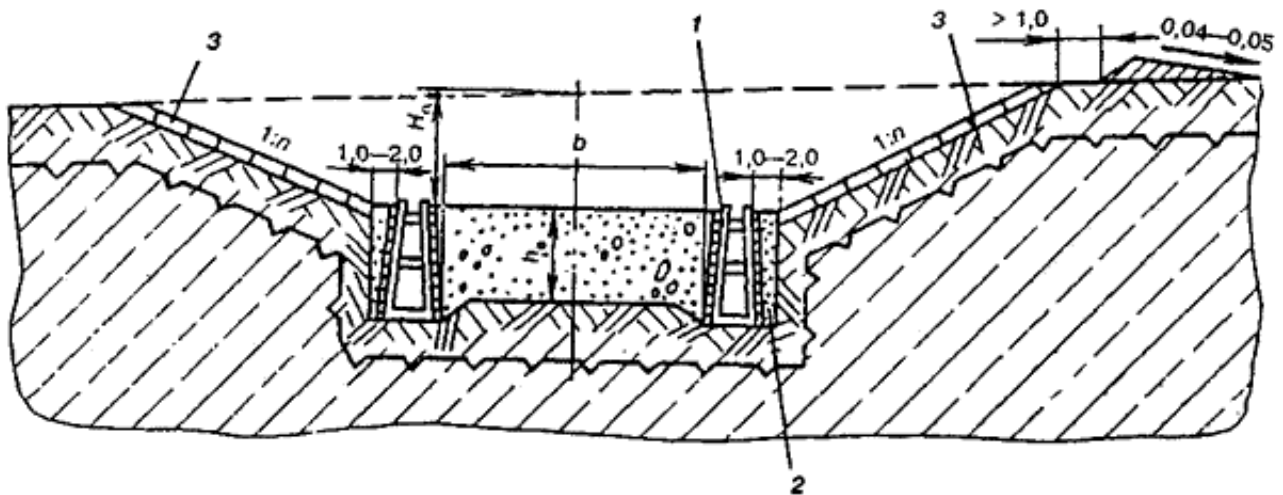
Современные методы строительства в условиях вечной мерзлоты претерпели существенные изменения и значительно усовершенствованы по сравнению с аналогами более раннего периода (рис.1, 2). Как известно, возведение земляного полотна на многолетнемерзлых грунтах осуществляется в соответствии с одним из принципов: допущение оттаивания грунта и сохранение грунта в мерзлом состоянии. В случае низкотемпературной вечной мерзлоты (грунты, имеющие температуру минус 2°C и ниже на глубине 10-15 м от поверхности), имеющей сплошное распространение и значительную мощность, принимается комплекс мер по сохранению мерзлоты. В соответствии с физико-механическими свойствами грунта разрабатывается индивидуальный проект насыпи, позволяющий обеспечить неизменность температуры и наибольшую сохранность деятельного слоя. Возведение насыпи может производиться в зимний период, когда вероятность оттаивания мерзлого грунта минимальна. Укладка же (после соответствующего теплофизического расчета) в основание насыпи современных плитных материалов на основе пенополистирола, современных геоматов и других геосинтетических материалов позволяет минимизировать воздействие на мерзлый грунт и уменьшить, в итоге, деформации земляного полотна. При строительстве железной дороги на участках высокотемпературной вечной мерзлоты (грунты, имеющие температуру выше минус 2°C), сохранение которой при проведении работ является гораздо более трудной задачей, на начальном этапе производятся мероприятия по оттаиванию или замене мерзлого грунта, после этого возведение насыпи может осуществляться на основании из талых или немерзлых грунтов в соответствии с действующими нормами. Обоснование и выбор метода возведения земляного полотна в районах распространения многолетнемерзлых грунтов производится на основе анализа

комплекса данных, полученных с применением современных методов дистанционного зондирования, геофизических исследований, геотехнического моделирования и т.д.



1 - водоотводная канава; 2 - дренирующий грунт; 3 - теплоизоляция, назначаемая по результатам теплофизических расчетов; 4 - дренажная труба; 5 - глинистый грунт; 6 - поверхность многолетнемерзлого грунта в естественных условиях (размеры в м); H_0 - общая высота слоя насыпного грунта со слоем вырезки h_e

Рис. 1. Схема устройства искусственного основания насыпей высотой менее 1 м на участках с многолетнемерзлыми грунтами II и III категорий (а) и IV категории просадочности (б) [1]



1 - лоток противупучинной конструкции; 2 - галька или гравий, а если выемка пререзает пльвуны или глинистые грунты, то крупнозернистый песок; 3 - укрепление откосов; h_b - глубина вырезки, назначаемая по расчету; H_n - глубина выемки по продольному профилю

Рис. 2. Поперечный профиль выемки в глинистых грунтах, переходящих при оттаивании в текучепластичное и текучее состояние [1]

Отдельного внимания заслуживает комплекс вопросов, связанных с процессами сезонного промерзания-оттаивания грунта [2]. В период промерзания про-

исходит перераспределение влаги внутри массива грунта, миграция ее к границе промерзания с последующим замерзанием, идущим с увеличением объема, и приводящим к образованию так называемых деформаций морозного пучения, которые распределяются неравномерно вследствие неоднородности грунта. Деформации, происходящие в период сезонного оттаивания, обусловлены сложными процессами, включающими образование пустот, вследствие уменьшения объема льдистых образований, заполнения этих пустот талой водой и последующего отжатия этой воды под действием нагрузки. Процесс консолидации, происходящий под нагрузкой, занимает длительное время, вплоть до нескольких месяцев. Важной задачей является установление изменения деформативных свойств грунта после замерзания и последующего оттаивания, которое может быть оценено по величине модуля деформации. В результате сезонного оттаивания происходит изменение не только деформативных, но и прочностных свойств грунта, что обуславливает уменьшение несущей способности грунтовых массивов. При этом наихудшие показатели по сопротивляемости грунта действию внешней нагрузки наблюдаются в период неполного оттаивания и соответствуют 15-20% значений, характерных для летнего периода. Снижение абсолютных величин и уменьшение неравномерности распределения деформаций в поперечном сечении земляного полотна, обеспечение устойчивости откосной части, увеличение несущей способности грунтов основания в период оттаивания – практические задачи, решение которых позволит улучшить эксплуатационные качества дороги в районах распространения вечной мерзлоты [2].

2 Исторический опыт строительства железных дорог в условиях вечной мерзлоты

Одними из первопроходцев, столкнувшихся с проблемами возведения земляного полотна на многолетнемерзлых грунтах, стали еще на рубеже XX-XXI столетия строители Транссибирской железнодорожной магистрали. Строительство Транссибирской магистрали, включающей шесть участков, осуществлялось в сложнейших инженерно-географических условиях, осложняемых бездорожьем и, зачастую, безлюдной местностью. Сооружение магистрали велось высокими темпами, несмотря на отсутствие привычной нам сегодня техники и дефицит рабочей силы, в качестве которой использовались воинские команды, ссыльные, каторжные. И если прокладка первого участка Транссиба, Уссурийской железной дороги, начавшаяся в 1891 году, осуществлялась в условиях таежной, болотистой местности (рис.3), то при сооружении другого участка, Среднесибирской железной дороги (1893-1899 гг.), строители вплотную столкнулись с таким малоизученным природным явлением, как вечная мерзлота. А уже при строительстве Амурской железной дороги (1908-1916 гг.), завершающей эпоху Транссиба (рис. 4,5,6), были применены такие инженерные решения

как, например, постройка тоннеля в многолетнемерзлых грунтах с устройством теплоизолирующего слоя между основной породой и обделкой.

В целях получения и обобщения теоретических и практических данных о многолетнемерзлых грунтах к 1927 году в поселке Рухлово (ныне станция Сковородино) начались регулярные работы по изучению вечной мерзлоты. Мерзлотная станция, созданная на площадке метеостанции Народного комиссариата путей сообщения, вплоть до 1975 года размещалась в Сковородино, а с началом строительства Байкало-Амурской магистрали была передислоцирована в Тынду. Специалисты станции, ученые-мерзловеды, инженеры, занимавшиеся изучением вечной мерзлоты на железных дорогах Сибири и Дальнего Востока, долгие годы успешно помогали железнодорожникам в строительстве и сохранении объектов транспортной инфраструктуры. Накопленный за десятилетия работы станции опыт был успешно использован при строительстве БАМа, являющегося ярчайшим историческим примером сооружения железных дорог в условиях распространения многолетнемерзлых грунтов. В частности, при строительстве Восточного участка БАМа, где характерно распространение высокотемпературной мерзлоты, сооружение малых мостов осуществлялось с применением технологий, предусматривающих сохранение грунтов в мерзлом состоянии. Подавляющее число таких искусственных водопропускных сооружений находится в Тындинском регионе. Например, на полигонах Верхнезейской дистанции пути 73 искусственных сооружения оборудованы специальными охлаждающими установками, находящимися вплотную к фундаментам с обеих сторон, а всего на обслуживании дистанции находится более тысячи охлаждающих установок [3].



Рис. 3. Условия работы на Уссурийском участке Транссибирской магистрали [4]



Рис. 4. Строительство западной части Амурской железной дороги, 1908–1913 гг. Возведение насыпи на 9-й версте [5]



Рис. 5. Строительство западной части Амурской железной дороги, 1908–1913 гг. Тоннель на 50-й версте [6]



Рис. 6. Амурская железная дорога. Деревянный мост на 607-й версте. 1915 г. [7]

3 Строительство железных дорог в Арктике. Северный широтный ход

Создание связи заполярных регионов с Северо-западом и Центральной Россией подробно рассматривалось в рамках проекта Великий Северный железнодорожный путь начиная с 1928 года, хотя отдельные упоминания о железной дороге, которая проходила бы по всему северу страны датируются еще началом XX века. Начинаясь от побережья Баренцева моря, железная дорога должна была проходить до берегов Охотского моря и соединять Северный Ледовитый, Атлантический и Тихий океаны. За счет развития транспортной инфраструктуры предполагалось решить ряд важнейших задач, среди которых укрепление обороноспособности северных рубежей, обеспечение связи с арктическими портами, освоение новых территорий, богатых полезными ископаемыми и др. Однако грандиозный проект так и не был реализован ни в одном из вариантов вследствие беспрецедентно высоких стоимостных показателей и трудозатрат, которые, в свою очередь, обусловлены сложными инженерно-геологическими, гидрологическими, гидрогеологическим, климатическими условиями, крайне низкой степенью заселенности и хозяйственной освоенности северных территорий.

К планам прокладки железной дороги в Арктике вернулись уже в наше время. Новый проект получил название Северный широтный ход (СШХ) и представляет собой комплекс мероприятий по реконструкции, усилению существующих и строительству новых участков инфраструктуры железнодорожного

транспорта по маршруту Обская-Салехард-Надым-Новый Уренгой-Коротчаево [8].

Ретроспектива проекта СШХ берет начало в 1970-х годах, когда ОАО «Ленгипротранс» выполнял комплекс проектно-изыскательских работ под названием «Восстановление железнодорожной линии Лабытнанги–Салехард–Игарка. Участок Лабытнанги–Салехард–Надым» для освоения Медвежьего газового месторождения, строительства и эксплуатации газопровода «Северное сияние» (Медвежье–Надым–Салехард–Чум–Ухта) [9]. С 2003 г. возникла потребность в создании полноценной магистрали, и была организована ОАО «Ямальская железнодорожная компания», а в 2008 году проект СШХ был включен в «Стратегию развития железнодорожного транспорта в РФ до 2030 года». Реализация проекта СШХ обеспечит связь полуострова Ямал с Северо-западным регионом России и Уралом, связь транспортной системы страны с Северным морским путем; будет способствовать освоению природных запасов Ямало-Ненецкого автономного округа; обеспечению вывоза нефтегазовых грузов, с которым не справляется Транссибирская магистраль; соединит Уральскую и Северную железные дороги по маршруту Салехард - Надым - Новый Уренгой.

Сложные природные условия Западной Сибири обуславливают уникальность строительства участка железной дороги по маршруту Обская–Салехард–Надым. Трасса СШХ по большей части вытянута в широтном направлении и проходит вдоль северного Полярного круга, преимущественно с южной стороны. Климат района строительства резко континентальный, характеризуется суровой продолжительной зимой и относительно короткими переходными сезонами, снежный покров присутствует около двух третей года. Характерны разветвленная сеть крупных полноводных рек, наличие большого количества озер и болот, распространение многолетнемерзлых грунтовых отложений. Район строительства расположен в тундровой и лесотундровой зонах и, согласно [10], относится к области несплошного распространения многолетнемерзлых грунтов островного характера и неоднородного строения. В связи с тем, что на всем протяжении рассматриваемого участка преобладают высокотемпературные многолетнемерзлые грунты, любое незначительное изменение температурного режима при возведении сооружений может способствовать деградации мерзлоты и развитию термокарстовых процессов [10].

Строительство современных объектов транспортной инфраструктуры в условиях вечной мерзлоты невозможно без проведения детальных инженерно-технических изысканий с выполнением специфических видов работ. Например, определение максимальной глубины протаивания в области многолетнемерзлых пород с применением бурения и шурфования, обеспечение устойчивости опорной геодезической сети закреплением нижней части центра пунктов с якорем в многолетнемерзлых грунтах и др.

В ходе реализации проекта предусмотрено строительство уникального мостового перехода через реку Обь, что в условиях вечной мерзлоты, распростра-

нения карста, наличия торфосодержащих слабых грунтов, продолжительного ледостава и прочих факторов предопределяет необходимость организации мониторинга деформаций в период возведения и эксплуатации. Применение для этой цели, например, высокоточных электронных тахеометров значительно экономичнее использования автоматизированных систем мониторинга при сохранении удовлетворения требований к точности наблюдений [11,12]. Одним из значимых факторов, непосредственно влияющих на процесс развития деформаций сооружений, является наличие торфосодержащих грунтов основания. По результатам проведенных инженерно-геологических изысканий определены области распространения пучинистых грунтов в термокарстовых понижениях и на участках верховых болот. Установлено, что имеющиеся торфы залегают на минеральном основании различного литологического состава, чаще на глинистых слабопроницаемых грунтах [13]. Анализ полученных результатов дал представление о том, что, в случае невозможности полной замены торфосодержащего многолетнемерзлого грунта основания, необходимо прохождение толщи такого слоя сваями с сохранением торфов в мерзлом состоянии на весь период последующей эксплуатации сооружения [9]. Выполнение инженерно-технических изысканий является основой для последующей разработки конкретных рекомендаций по обеспечению прочности и устойчивости земляного полотна, организации геотехнического надзора и мониторинга деформаций на этапах строительства и эксплуатации инфраструктуры СШХ. При решении ряда практически значимых задач, таких, как увеличение модуля общей деформации и снижение деформативности грунтовых массивов, уменьшение упругой и остаточной деформации земляного полотна и основания, увеличение несущей способности и обеспечение устойчивости земляного полотна в период оттаивания и многих других, с успехом может быть использован широкий спектр современных геоматериалов, различных по типу, материалу изготовления, техническим характеристикам, технологическим особенностям, рабочим функциям, принципу работы в грунте [13-17]. Например, введение в конструкцию земляного полотна и подшпального основания армирующих слоев плоскостных георешеток, хорошо зарекомендовавших себя при решении аналогичных задач в других регионах, при учете специфики процессов промерзания-оттаивания грунта также позволяет рассчитывать на положительные результаты [2, 13].

Заключение

Строительство железных дорог в Арктике сопряжено с рядом особенностей и необходимостью решения возникающих специфических задач. В частности, такими задачами являются обоснование и выбор метода возведения земляного полотна на многолетнемерзлых грунтах, комплекс вопросов, связанный с процессами сезонного промерзания-оттаивания грунта, снижение деформативности, повышение несущей способности и обеспечение устойчивости земляного полотна, выбор конструкции насыпи на слабых торфосодержащих мерзлых

грунтах и др. Многолетний теоретический и практический опыт, накопленный и обобщенный поколениями ученых, инженеров, строителей, а также внедрение передовых технологий, в том числе применение широкого спектра геоматериалов, использование высокоточных электронных приборов и современной строительной техники, применение систем автоматизированного проектирования и специализированных компьютерных программ, способствуют успешному решению задач, возникающих при проектировании и строительстве железных дорог на многолетнемерзлых грунтах, имеющих повсеместное распространение в арктической зоне России.

Список литературы

1. СП 32-104-98 «Проектирование земляного полотна железных дорог колеи 1520 мм». – Госстрой России, ГУП ЦПП, 1999. ISBN 5-88111-159-1.
2. Petriaev A., Zhuravlev I., Sviatogorova A. Influence of subtitle base stabilization with geogrids on the deformability of the earth bed during thawing / E3S Web of Conferences, volume 460, 10047, 2023.
3. Мерзлотная станция // Гудок – 17.12.2011 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://gudok.ru/zdr/171/?ID=595277> (дата обращения: 09.12.2024).
4. Дороги без дураков: как прокладывали уссурийскую ветку // Русское географическое общество. — 2023. — URL: https://rgo.ru/upload/content_block/images/2fde83b1434b3050dc0c35bb21a0a828/655ba940b7f9d85b3ba946647388d23df.jpg (дата обращения: 13.12.2024).
5. Строительство западной части Амурской железной дороги 1908–1913 года // Форум ЮГКЛАД. – 2018. – URL: <https://disk.yandex.ru/a/DyBt0xyZ3ZS6Ff/5b53f7045d8e1432b4d9bd93> (дата обращения: 13.12.2024).
6. Строительство западной части Амурской железной дороги 1908–1913 года // Форум ЮГКЛАД. – 2018. – URL: <https://disk.yandex.ru/a/DyBt0xyZ3ZS6Ff/5b53f7045d8e1432b4d9bda6> (дата обращения: 13.12.2024).
7. Строительство западной части Амурской железной дороги 1908–1913 года // Форум ЮГКЛАД. — 2018. — URL: https://ic.pics.livejournal.com/vita_life777/48889071/446984/446984_1000.jpg (дата обращения: 13.12.2024).
8. BOGOMOLOVA N., MILYUSHKAN Y., SHKURNIKOV S., BUSHUEV N., SVINTSOV E., ANISIMOV V. FEATURES OF ENGINEERING SURVEYS IN AREAS OF PERMAFROST PREVALENCE BY THE EXAMPLE OF THE PROJECT “NORTHERN LATITUDINAL WAY”. В сборнике: Transportation Soil Engineering in Cold Regions. Proceedings of TRANSOILCOLD 2019. Singapore, 2019. С. 215-221.
9. Богомолова Н. Н., Журавлев И. Н. Особенности инженерных изысканий в районах распространения вечной мерзлоты на примере проекта «Северный широтный ход» // Бюллетень результатов научных исследований. – 2020. – Вып. 1. – С. 5–14. DOI: 10.20295/2223-9987-2020-1-5-14
10. Брынь М. Я. Геодезический мониторинг объектов инфраструктуры железнодорожного транспорта спутниковыми методами / М. Я. Брынь, Е. Г. Толстов, А. А. Никитчин // Транспорт Российской Федерации. – 2010. – № 4 (29). – С. 58–60.
11. Технический отчет по результатам инженерно-геологических изысканий участка Салехард–Надым. – М.: ООО «Транспроект», 2018. – С. 22–23.

12. Афонин Д. А. Проектирование геометрических параметров наземного лазерного сканирования при контроле деформаций зданий и сооружений в условиях плотной застройки / Д. А. Афонин // Геодезия и картография. – 2013. – № 2. – С. 2–9.

13. Журавлев И. Н. Методологические аспекты исследования деформативности армогрунтовых конструкций // Известия Петербургского университета путей сообщения. – СПб.: ПГУПС, 2020. – Т. 17. – Вып. 1. – С. 71–76. DOI: 10.20295/1815-588X-2020-1-71-76.

14. Свинцов Е.С., Журавлев И.Н. Комплексные исследования по определению эффективности применения современных геоматериалов в конструкциях усиления земляного полотна / Е.С. Свинцов, И.Н. Журавлев // Мат. 2-й междунар. науч.-техн. конф. «Применение геоматериалов при строительстве и реконструкции транспортных объектов». – СПб, ПГУПС, 2002. – С.20–23.

15. Петряев А.В., Журавлев И.Н. Исследования эффективности применения современных геоматериалов в конструкции железнодорожного пути / А.В. Петряев, И.Н. Журавлев // Исследования и разработки ресурсосберегающих технологий на ж. д. транспорте: Межвуз. сб. науч. тр. – Самара: СамИИТ, 2001. – Вып. 21.– 319 с.

16. Бушуев Н.С., Шкурников С.В., Герасимов В.А., Голубцов В.А., Морозова О.С. Особенности проектирования трассы железной дороги в условиях вечной мерзлоты. Журнал «Современные технологии. Системный анализ. Моделирование». 2019. № 3 (63). С. 135-142.

17. Alpysova, V.A., Bushuev, N.S., Shkurnikov, S.V., Shulman, D.O. The Impact of Engineering-geologic Conditions on the Development of Railway Subgrade Design Solutions. ProcediaEngineering, 2017, 189, страницы 752–758.

Контактная информация:

Журавлев Игорь Николаевич – канд. тех. наук, доц.; oldmasterplus@mail.ru

Рейн Елена Геннадьевна – аспирант; reyn00_62@mail.ru

Прохоров Антон Станиславович – студент; ipzd@pgups.ru

Author's information:

Igor N. Zhuravlev – PhD Eng. Sci., Associate Professor; oldmasterplus@mail.ru

Elena G. Rein – postgraduate student; reyn00_62@mail.ru

Anton S. Prohorov – student; ipzd@pgups.ru

УДК 658.05

Чижев С.В., Свинцов Е.С., Суровцева О.Б.

Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, Санкт-Петербург, Россия

АНАЛИЗ РОЛИ ДАННЫХ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ МОСТОВ

В работе рассматривается роль данных в строительстве мостов с точки зрения современных тенденций развития отрасли, природно-климатических изменений и повышающихся экологических требований, а также с точки зрения достижения целей, обозначенных как цели устойчивого развития ООН.

Ключевые слова: данные, строительство, устойчивое развитие.

Chizhov S.V., Svintsov E.S., Surovtseva O.B.

Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University, Saint-Petersburg, Russia

ANALYSIS OF DATA ROLE IN BRIDGE CONSTRUCTION

The paper examines the role of data in bridge construction from the point of view of modern trends in the development of the industry, natural and climatic changes and increasing environmental requirements, as well as from the point of view of achieving the goals designated as the UN Sustainable Development Goals.

Key words: data, construction, sustainable development

Роль качества и количества получаемых и передаваемых данных и их анализа, а также скорость их сбора и передачи в строительстве являются значительными и с большой вероятностью увеличатся в будущем, при сохранении текущих тенденций развития строительной сферы. Данное заявление справедливо для любого объекта строительства, но особенно для искусственных сооружений, в частности, мостов в связи с их, зачастую, значительным масштабом и необходимостью рассматривать их в комплексе с существующей и планируемой инфраструктурой, а также с окружающей средой.

Для определения роли данных в строительстве мостов предлагается рассмотреть мостовое сооружение в части связанной с ним информации. Мост, как и другие современные объекты строительства, с точки зрения информации, является многоуровневой системой с большим количеством внутренних и внешних связей, все элементы которой связаны между собой [1]. Количество учтенных связей, а также их достоверность в значительной степени определяют качество и эффективность принятых конструктивных и организационных решений, влияющих на качественные характеристики сооружения, целесообразность и оперативность процессов, экономическую эффективность и экологичность строительства и эксплуатации сооружения. Соответственно, для принятия оптимальных решений на различных этапах жизненного цикла сооружения необходим учет максимально возможного количества внутренних и внешних связей и именно это определяет значительную роль качества и оперативности передачи данных в сфере мостостроения.

Необходимость учета внутренних и внешних связей объекта строительства существовала всегда, менялись преимущественно количество и формы связей, которые требовалось принять во внимание. Тем не менее, хотелось бы отдельно обратить внимание на постепенное увеличение роли данных в строительстве мостов в последнее время и, предполагаемый, еще больший, ее рост в будущем.

С развитием строительной сферы увеличивается количество людей и организаций, вовлеченных в реализацию проектов. Так за последние 200 лет от нескольких человек, ответственных за принятие всех решений связанных с проектированием и строительством мостового сооружения и непосредственно присутствующих на месте строительства, количество участников данных процессов выросло до тысяч, а в некоторых случаях и десятков тысяч, специалистов и заинтересованных лиц, так или иначе связанных с проектированием и строительством сооружений и отвечающих за отдельные решения принятые для сооружения строго в рамках своей роли и компетенции. В связи с этим, вопрос об оперативности и качестве передачи данных становился все более актуален в течение развития строительной сферы и, вероятно, его значение будет только увеличиваться в связи с общей, по-прежнему существующей, тенденцией к росту числа участников и все более узкой их специализации.

Помимо указанных выше причин, важность данных в строительстве мостов также возрастает в связи с быстрым развитием технологий и, как следствие, форм взаимодействия с сооружением на этапах строительства и эксплуатации. Это связано с тем, что, зачастую, применение наиболее актуальных и перспективных технологий требует большой точности от изысканий и решений, принимаемых на этапе проектирования, так как последующие уточнение и соответствующая корректировка в процессе строительства может оказаться более затруднительной чем на данный момент.

На этапе строительства новыми технологии, требующими значительного повышения эффективности и качества работы с данными, могут оказаться, например, технологии 3D-печати сооружений и их элементов, которые в настоящее время уже применяются в строительстве зданий и малых искусственных сооружений. Ожидается, что в ближайшем будущем применение подобных технологий может распространиться и на более крупные искусственные сооружения, в связи с эффективностью, скоростью и экономичностью 3D-печати. Тем не менее, 3D-печать требует большой точности задаваемых параметров, в связи с отсутствием возможности значительной корректировки в момент производства работ. Увеличение требований к точности параметров элемента или целого сооружения, в свою очередь, повышает требования к данным, на основе которых принимаются решения, касающиеся этих параметров. Кроме того, повышаются требования к качеству и объему данных, передаваемых в ПО для 3D-печати. Так, например, в пределах печатаемого элемента не может быть варьирующихся размеров или указаний об уточнениях «по месту».

На этапе эксплуатации повышение требований к данным может быть вызвано рядом причин, связанных с изменением режима эксплуатации сооружения. Принято считать, что изменение режима эксплуатации в первую очередь подразумевает увеличение нагрузок на сооружение, что в ближайшем будущем может оказаться не вполне справедливо. Потенциальное увеличение нагрузок на мостовое сооружение может быть учтено на этапе проектирования за счет

увеличения несущей способности сооружения, т.е. относительно простым повышением расчетных усилий, которые могут воспринимать элементы сооружения, более того, уже в процессе эксплуатации возможны усиление или замена конструкций пролетного строения, опор, элементов покрытия, барьерных ограждений и т.д.. Тем не менее, увеличение нагрузок на сооружения – характерное для развития инфраструктуры на протяжении XX века - уже сейчас не всегда является основной причиной изменения режима эксплуатации. В будущем, вероятно, эта тенденция будет только усиливаться.

Мосты проектируются с учетом срока службы в 100 лет, что является обоснованным временным периодом с точки зрения расчета выносливости элементов сооружения с учетом некоторого запаса. Тем не менее, как показывает современная мировая практика, вековой срок эксплуатации мостов без принципиальных изменений в их назначении будет становиться все более редким явлением. В особенности это касается городских, в первую очередь, автодорожных мостов. Большие города по всему миру предпринимают усилия для снижения автомобильного трафика в своих пределах путем ограничения въезда и парковки в центральных районах, реконструкцией автомобильных улиц в пешеходные, изменением геометрии и покрытия проезжих частей улиц, увеличением количества и качества общественного транспорта, введением разнообразных льгот на его использование. Общее снижение автомобильного трафика в городах уменьшает нагрузку на автомобильные городские мосты, что заставляет задуматься об их реконструкции и изменении под новые задачи и типы трафика. Вынос промышленных предприятий за пределы городов, также является характерным трендом последних десятилетий и также предполагает изменение характера эксплуатации искусственных сооружений в составе их инфраструктуры и инфраструктуры целых промышленных районов городов.

Помимо снижения автомобильного трафика и изменения назначения инфраструктуры, на эксплуатацию мостов в ближайшем будущем также могут повлиять принципиальные изменения в характеристиках подвижного состава. Так, например, появление в общем доступе и значительное увеличение количества, участвующих в дорожном движении беспилотных автомобилей, со значительной вероятностью потребует изменения дорожной инфраструктуры, в том числе и в пределах искусственных сооружений.

Учитывая общую тенденцию к снижению автомобилизации больших городов и принципиальные изменения в типах автомобильного транспорта, вероятные в ближайшие десятилетия, городские автодорожные мосты уже на этапах планирования и проектирования должны принимать во внимание возможность данных изменений.

Также на эксплуатацию мостов могут оказать влияние климатические изменения, связанные с глобальным потеплением, которые приводят к более экстремальным проявлениям погодных явлений. В частности, на этапе проектирования сооружения необходимо учесть возможное увеличение количества осад-

ков, интенсивности ветровой и ледовой нагрузок, силы гидроударов, а также, вероятно, сейсмических нагрузок.

Все указанные выше изменения, возникающие на этапе эксплуатации мостов могут быть в той или иной степени предсказаны и учтены еще на этапах планирования и проектирования сооружений, что несомненно потребует получения и анализа значительно большего количества данных на этапах планирования и проектирования, чем принято на сегодняшний день.

Помимо строительства и эксплуатации, большое количество данных для мостового сооружения также должны быть получены и учтены для проведения оценки жизненного цикла сооружения и разработки мер по снижению его воздействия на окружающую среду.

Оценка жизненного цикла сооружения позволяет установить воздействие сооружения на окружающую среду на всех этапах его существования: при добыче и обработке материалов необходимых для строительства, их транспортировке, изготовлении элементов сооружения, строительстве и эксплуатации сооружения, утилизации материалов после демонтажа или реконструкции. Проведение оценки жизненного цикла сооружения необходимо для уменьшения влияния мостового сооружения на окружающую среду, что является ключевой задачей с точки зрения экологии. Проведение подобной оценки, тем не менее, требует получения и учета значительного объема данных о планируемых процессах на различных этапах жизненного цикла сооружения еще на стадии проектирования, а также предполагает хранение и передачу дополнительных объемов данных, связанных с результатом оценки, для применения при строительстве, эксплуатации и демонтаже или реконструкции сооружения.

Вышеперечисленные векторы развития строительной сферы, как было отмечено, напрямую связаны с созданием, передачей и анализом информации. Их значимость подтверждается корреляцией данных перспективных изменений с глобальными целями развития строительной сферы, которые можно выделить, в частности, из целей устойчивого развития, сформулированных ООН.

Цели устойчивого развития можно рассматривать, как наиболее глобальные и важные задачи человеческой деятельности в ближайшем будущем, в связи с тем, что они наиболее полно отражают желаемый вектор развития человеческой цивилизации с учетом гуманистических принципов с точки зрения представителей большинства стран и принимают во внимание наибольшее число факторов, которые определяют потребности человечества.

Данные цели целесообразно определить, как общие для строительной сферы в связи с тем, что определение общих целей, которые должны быть достигнуты не строительством одного конкретного здания или сооружения, а строительством, как родом деятельности в целом, может показаться затруднительным. В особенности, это касается искусственных сооружений в составе транспортной инфраструктуры, непосредственная оценка экономической эффективности для которых всегда затруднительна и проведение которой не всегда оправдано. Тем

не менее, формулирование целей строительства искусственных сооружений, в частности мостовых сооружений, важно для понимания роли данных в их достижении.

Всего ООН были сформулированы 17 целей устойчивого развития. Непосредственно со строительством связаны цели 8, 9, 11, 12, 13 (United Nations Department) [2]:

8. Содействие неуклонному, всеохватному и устойчивому экономическому росту, полной и производительной занятости и достойной работе для всех
9. Создание прочной инфраструктуры, содействие обеспечению всеохватной и устойчивой индустриализации и внедрению инноваций
11. Обеспечение открытости, безопасности, жизнестойкости и устойчивости городов и населённых пунктов
12. Обеспечение рациональных моделей потребления и производства
13. Принятие срочных мер по борьбе с изменением климата и его последствиями

С точки зрения влияния на достижение этих целей можно оценивать инновации и улучшения, связанные со строительной сферой, в том числе, на основе этих целей можно оценить значение и необходимость развития процессов, связанных со строительством, путем улучшения качества данных и их анализа, полноты и скорости их передачи.

Список литературы

1. Селютина, Л.Г. Роль и место информации в проектировании и управлении строительством / Л.Г. Селютина, А.И. Сушко. - СПб: Санкт-Петербургский государственный экономический университет, 2017
2. United Nations Department of Economic and Social Affairs. Sustainable Development [Электронный ресурс]. –2024. –21 апреля. – Режим доступа: <https://sdgs.un.org/goals>

Контактная информация:

Чижов Сергей Владимирович – канд. тех. наук, доц.; mt@pgups.ru
Свинцов Евгений Степанович – д-р тех. наук, проф.; ipzd@pgups.ru
Суровцева Ольга Борисовна – канд. экон. наук, доц.; surovtseva@pgups.ru

Author's information:

Sergey V. Chizov – PhD Eng. Sci., Associate Professor; mt@pgups.ru
Evgeniy S. Svintsov – D Eng. Sci., Professor; ipzd@pgups.ru
Olga B. Surovtseva – PhD Eng. Sci., Associate Professor; surovtseva@pgups.ru

Министерство транспорта Российской Федерации
Федеральное агентство железнодорожного транспорта
Петербургский государственный университет путей сообщения
Императора Александра

ИНФРАСТРУКТУРА ТРАНСПОРТА **№2(6) – 2023**

ONLINE– ЖУРНАЛ

Ответственный за выпуск **Рейн Е.Г.**

ФГБОУ ВО ПГУПС

2023 © Петербургский государственный университет путей сообщения Императора
Александра I

Адрес: 190031, Санкт-Петербург, Московский пр., 9

Сайт журнала: www.inftrans.ru