

Петербургский государственный
университет путей сообщения
Императора Александра I



ИНФРАСТРУКТУРА ТРАНСПОРТА

№1(1) - 2021



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

Булакаева 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 Web сайта и 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

Website and cover designer: V.S. Shvartfeld

Web: <https://www.infrans>

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

СОДЕРЖАНИЕ

ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ТРАНСПОРТА

Бушуев Н.С. Шульман Д.О. Топильская К.М.	Особенности пассажирских перевозок в период пандемии Covid-19 в России и за рубежом	5
Киселев И.П.	Субъективный фактор создания первых российских железных дорог. Казус технологий	12
Коланьков С.В.	Оценка арендной платы для объектов недвижимости железнодорожного транспорта	28
Стоянович Г.М. Пупатенко В.В. Гильмутдинов С.А.	Оценка сферы применения односекционного электровоза Э5К на Дальневосточной железной дороге	35

ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЙ ПУТЬ

Дудкин Е.П. Султанов Н.Н.	Совершенствование конструкций трамвайных путей	44
------------------------------	--	----

ИЗЫСКАНИЯ, ПРОЕКТИРОВАНИЕ И СТРОИТЕЛЬСТВО ТРАНСПОРТНЫХ ОБЪЕКТОВ

Анисимов В.А.	Об информационном моделировании зданий: от идеи до широкого применения	52
Богданов А.И.	Проблемы проектирования новых железных дорог, вторых путей и реконструкции эксплуатируемых железных дорог	62
Смирнов В.Н. Непряхин Е.В.	Предложения по конструктивно-технологическим решениям железобетонных пролетных строений мостов на ВСМ	77

РАЗВИТИЕ ТРАНСПОРТНОЙ СЕТИ

Шварцфельд В.С.	Оценка проектных альтернатив развития полигона сети железных дорог	88
Шкурников С.В. Иванов В.В. Булакаева О.С. Богданова Л.А.	История и перспективы развития железных дорог в Арктической зоне России	99

CONTENTS

GENERAL TRANSPORT PROBLEMS

N.S. Bushuev D.O. Shulman K.M. Topilskaya	Dynamics of passenger traffic in the Covid-19 pandemic in Russia and abroad	5
I.P. Kiselev	The subjective factor of the creation of the first Russian railways. Special case of technologies	12
S.V. Kolankov	Rental estimation for objects real estate railway transport	28
G.M. Stoyanovich V.V. Pupatenko S.A. Gilmutdinov	Evaluation of the application field of the single section electric locomotive E5k on the Far Eastern railway	35

RAILWAY TRACK

E.P. Dudkin N.N. Sultanov	Improvement of tramway structures	44
------------------------------	-----------------------------------	----

SURVEY, DESIGN AND CONSTRUCTION OF TRANSPORT FACILITIES

V.A. Anisimov	About information modeling of buildings: from an idea to a wide application	52
A.I. Bogdanov	Problems of designing of the new railways, the second ways and reconstruction of the maintained railways	62
V. N. Smirnov E. V. Nepryakhin	Proposals for structural and technological solutions for reinforced concrete bridge spans on the HSR	77

TRANSPORT NETWORK DEVELOPMENT

V.S. Shvartcfeld	Evaluation of design alternatives for the development of the railway network	88
S.V. Shkurnikov V.V. Ivanov O.S. Bulakaeva L.A. Bogdanova	History and potential development of the railway lines in the Arctic zone of Russia	99

УДК 656.2.052.432

Бушуев Н.С., Шульман Д.О., Топильская К.М.

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

ОСОБЕННОСТИ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК В ПЕРИОД ПАНДЕМИИ COVID-19 В РОССИИ И ЗА РУБЕЖОМ

В статье рассмотрены особенности пассажирских перевозок железнодорожным и авиационным видами транспорта на наиболее популярных направлениях в России в год пандемии Covid-19. Изучен опыт зарубежных стран по восстановлению пассажиропотока в период пандемии на железнодорожном транспорте на основе отчета, разработанного рабочей группой Международного Союза железных дорог (МСЖД) в июне 2020 года.

Ключевые слова: пассажиропоток, Covid-19, железнодорожный транспорт, авиационный транспорт, Международный Союз железных дорог (МСЖД).

Bushuev N.S., Shulman D.O., Topilskaya K.M.

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

DYNAMICS OF PASSENGER TRAFFIC IN THE COVID-19 PANDEMIC IN RUSSIA AND ABROAD

The article discusses features of passenger transportation by rail and air transport on the most popular routes in Russia during the Covid-19 pandemic. The article examines the experience of foreign countries in restoring passenger traffic in railway transport this year. The study is based on the report of the working group of the International Union of Railways (UIC) in June 2020.

Keywords: passenger traffic, Covid-19, rail transport, air transport, International Union of Railways (UIC)

Прошедший 2020 год оказался непростым для всего мира. В конце 2019 года Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) была поставлена в известность об обнаружении случаев заражения пневмонией, вызванной неизвестным возбудителем. Позже, в начале января 2020 года стало известно о сорока четырех случаях заражения коронавирусом SARS-CoV-2 (Covid-19) в городе Ухань (КНР). В конце января в связи со вспышкой эпидемии ВОЗ объявила чрезвычайную ситуацию международного масштаба, а 11 марта 2020 года эпидемия была признана пандемией. Весной 2020 года пандемия Covid-19 практически парализовала систему здравоохранения во многих странах ввиду высокой забо-

леваемости среди населения. Ученые всего мира начали незамедлительную работу над созданием вакцины против коронавирусной инфекции.

В период пандемии Covid-19 была серьёзно нарушена работа транспортного сектора. Рассмотрим подробнее особенности пассажирских перевозок (железнодорожных и авиационных) в данный период на примере популярных направлений в России.

Напомним, что первые случаи заражения коронавирусом в России были выявлены в конце января 2020 года. Заболевшими являлись граждане КНР. В связи с этим, с 31 января было приостановлено пассажирское железнодорожное сообщение с Китаем за исключением поезда Москва - Пекин и с 01 февраля 2020 года ограничено регулярное авиасообщение, за исключением рейсов компании «Аэрофлот» в Пекин, Шанхай, Гуанчжоу и Гонконг. Позже с 20 февраля был введён запрет на въезд на территорию России граждан КНР.

Отметим, что за предыдущий период [1-5] январь-февраль 2020 года (до официально объявленного карантина в России) наблюдался прирост пассажиропотока на популярных внутренних железнодорожных маршрутах. Вот некоторые статистические данные: согласно источнику [6] общий пассажиропоток между Нижним Новгородом, Москвой и Санкт-Петербургом вырос на 4% по сравнению с предыдущим годом ("Ласточка", "Стриж" и "Сапсан" перевезли более 595 тыс. человек). Пассажиропоток "Сапсанов" на данном направлении вырос на 13%. Такой рост объяснялся в первую очередь увеличением количества мест и объёмов движения поездов на рассматриваемых направлениях. Однако, ситуация с растущей заболеваемостью коронавирусной инфекцией в последующие месяцы внесла существенные корректировки в работу транспортной отрасли.

Из-за пандемии уже в начале марта 2020 года был усилен санитарный контроль во всех зданиях вокзалов и аэропортах. Спустя неделю российские власти впервые начали серьёзно ограничивать авиасообщение со странами Евросоюза.

Вскоре президентом РФ было объявлено о том, что в целях борьбы с распространением эпидемии период с 30 марта по 3 апреля включительно объявлен нерабочим. Позже нерабочие дни были продлены до конца апреля. В ряде российских регионов был введен режим самоизоляции, работа многих социальных объектов и торгово-развлекательных центров временно прекращена, общеобразовательные и высшие учебные заведения перешли на дистанционное обучение, а большая часть предприятий - на удаленный режим работы.

На железнодорожном транспорте с марта по апрель наблюдался резкий спад объёмов пассажиропотока из-за высокой заболеваемости, ввиду этого было введено ограничение движения поездов. Уже с 07 апреля временно отменили 53 поезда дальнего следования, а также сократили периодичность курсирования 37 поездов Федеральной пассажирской компании (ФПК). Изменился график движения поездов «Сапсан» - отменены три пары высокоскоростных поездов из Москвы в Санкт-Петербург. Как утверждает руководство ОАО «РЖД», распи-

сание изменилось из-за «отсутствия возможности у пассажиров планировать и организовывать свои путешествия» на фоне заболеваемости Covid-19 [7]. По статистическим данным холдинга, с 21 марта число пассажиров снизилось более чем на 50% по сравнению с тем же периодом прошлого года, возврат билетов на поезда в апреле вырос в пять раз, в мае - в три раза.

Поэтапное снятие ограничений в России началось лишь к середине мая 2020 года. В это время ОАО «РЖД» запустила дополнительные поезда «Сапсан» на маршруте Москва - Санкт-Петербург с целью соблюдения социальной дистанции, а пассажирам была предложена временная схема рассадки в вагонах [8].

Что касается авиационного транспорта, то авиакомпании и аэропорты вынуждены были также адаптироваться к новым условиям в период пандемии. Из-за необходимости бесконтактного взаимодействия выросло использование так называемых *QR-кодов*, появились специализированные приложения. В аэропортах начали использоваться новые модели услуг, например, сервисы быстрой посадки (*Fast Track*) - сервис, который включает ускоренное прохождение всех предполетных формальностей (однако, это услуга оказалась платной для пассажира) [9].

Осенью 2020 года в России наблюдался резкий подъем уровня заболеваемости Covid-19, пик заболеваемости пришёлся на начало 2021 года (рисунок 1). Однако жестких ограничений из-за распространения вируса в стране больше не вводилось.

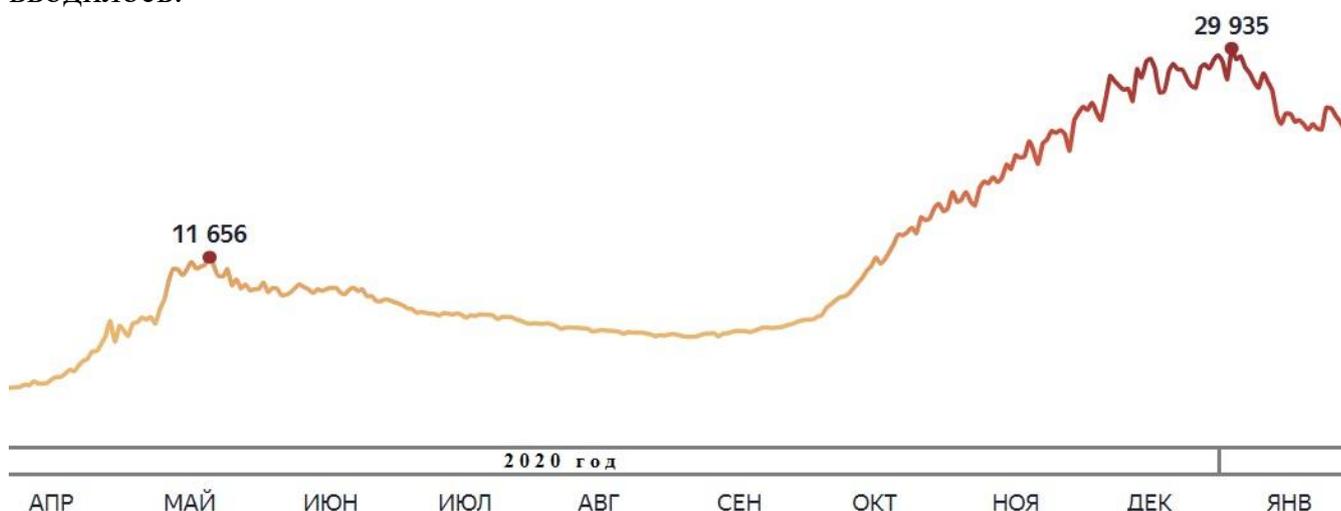


Рис. 1. Статистические данные заболеваемости Covid-19 в России согласно источнику интернет-портала: <https://yandex.ru/covid19/stat>

В результате, несмотря на ограничения, связанные с пандемией, в 2020 году на линии Москва – Санкт-Петербург было перевезено более 5 млн. пассажиров, что в два раза больше, чем авиатранспортом [10], из них поездами "Сапсан" - 3,5 млн. человек. Из числа других популярных направлений поездами компании ФПК перевезено: 1,35 млн. человек по маршруту Москва – Нижний Новгород, чуть больше 1 млн. на линии Москва – Брянск, около 900 тыс. человек в

направлении Краснодар – Сочи. Повышенным спросом пользовались поездки из Москвы в такие города как Ярославль, Казань, Курск, Воронеж и Белгород.

Интенсивность полетов в 2020 году в России снизилась в общем на 29 % [9]. В результате общий трафик в российских аэропортах уменьшился на 41,4 % - до 129,6 млн. против почти 221 млн. пассажиров в 2019 году. Благодаря большому количеству внутренних рейсов российские авиаперевозчики пострадали меньше, чем авиакомпании других стран. Однако, количество командировок, на которые приходится большая доля внутреннего пассажиропотока, снизилась на треть. Так на наиболее популярном «деловом» маршруте Москва - Санкт-Петербург в 2020 году было перевезено авиатранспортом 2,1 млн. человек, а в направлении Москва - Казань порядка 700 тыс. человек [10].

Наряду с рассмотрением проблем, с которыми столкнулась транспортная отрасль в России в 2020 году, интересным для анализа представилось изучение зарубежного опыта пассажирских перевозок в сложившихся условиях.

В феврале 2020 года на фоне объявленной ВОЗ пандемии Covid-19 Международный Союз железных дорог (МСЖД) учредил рабочую группу, основная задача которой заключалась в урегулировании кризиса на железнодорожном транспорте в сложившейся ситуации. В июне 2020 года был опубликован документ под названием "UIC Covid-19 Task force. Management of Covid-19 (Resilience, back on the track)" [11].

В состав рабочей группы вошли эксперты компаний - члены МСЖД. В заседаниях рабочей группы участвовали также представители железнодорожного сектора из Азии, Африки, Ближнего Востока, Южной и Северной Америки и Океании. Идея заключалась в обмене актуальной информацией и опытом друг с другом с целью обеспечения защиты жизни людей и сохранения минимально необходимого объема транспортных услуг на железнодорожном транспорте [11].

После ослабления и/или снятия ограничительных мер в ряде стран (карантин, режим самоизоляции), встал вопрос о плавном возобновлении железнодорожной деятельности с целью возврата и укрепления "чувства безопасности" пассажиров, об обеспечении мер защиты пассажиров и персонала, и как следствие, о постепенном увеличении пассажиропотока в условиях сложившейся ситуации.

Для выявления мер по восстановлению железнодорожной отрасли рабочей группой была разработана и распространена анкета в 38 организаций. Далее была проанализирована полученная информация с целью поиска тенденций по установлению сходств и различий между обработанными данными и подготовлен отчет с рекомендациями и разъяснениями.

Вот некоторые рекомендуемые меры по восстановлению пассажиропотока и возврата доверия клиентов до и после снятия ограничений [11]:

1. Измерение температуры у пассажиров (инфракрасными бесконтактными термометрами, системами видеонаблюдения). Результаты опроса представлены на рисунке 2.

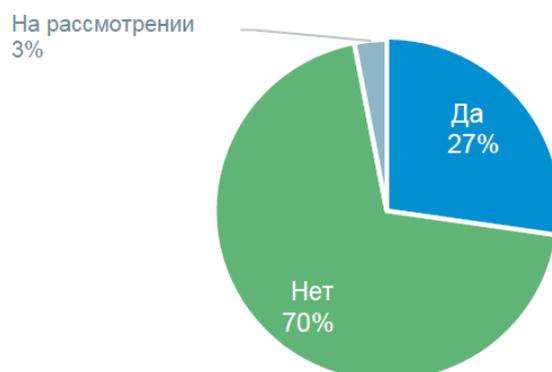


Рис. 2. Ответ респондентов на вопрос "Планирует ли Ваша организация измерять температуру у пассажиров"

Основными причинами отказа были названы недоказанная эффективность (не у всех лиц, инфицированных Covid-19, наблюдается повышение температуры), риск создания очередей (образование массовых скоплений людей), вопросы конфиденциальности (в первую очередь, в странах Евросоюза, где действует Общий регламент по защите персональных данных) и дороговизна данной процедуры.

2. Ношение масок (рисунок 3).

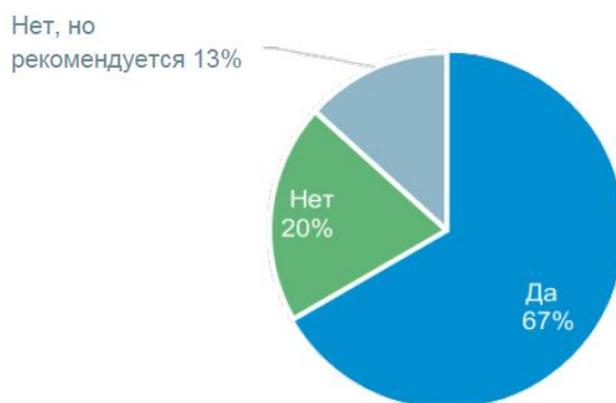


Рис. 3. Ответ респондентов на вопрос "Планирует ли Ваша организация ввести требования об обязательном ношении масок у пассажиров"

Как показали результаты опроса, пассажиры должны иметь при себе собственные маски, большинство респондентов не планирует предоставлять их клиентам.

3. Анкетирование пассажиров о состоянии здоровья (рисунок 4).



Рис. 4. Ответ респондентов на вопрос "Планирует ли Ваша организация распространить среди пассажиров анкеты о состоянии здоровья"

Как оказалось, только 24% респондентов планируют распространять среди пассажиров анкеты с вопросами о состоянии здоровья. Некоторые страны используют для этих целей специальные мобильные приложения. Большинство респондентов предложили рекомендовать пассажирам воздержаться от поездов при плохом самочувствии.

4. Использование антисептических средств на станциях и в поездах (73% респондентов планируют установку антисептических средств на станциях, и 65% респондентов - в поездах).

5. Дезинфекция и уборка помещений (97% планируют соблюдать повышенные требования к уборке и дезинфекции помещений).

6. Обеспечение социального дистанцирования (практически все респонденты дали положительный ответ). Методы обеспечения самые разные: информирование пассажиров, расстановка оповестительных плакатов, предупреждающие наклейки на полу, установка ограничителей очереди, сокращение числа сидений, увеличение числа пунктов входа и выхода на станции и др. Один из способов соблюдения социального дистанцирования - увеличение количества поездов в часы пик (при возможности), специальная рассадка пассажиров в поездах. Интересным представляется использование веб-платформы, отслеживающей уровень загруженности пассажиров в режиме реального времени.

7. Прочие меры.

Известно, что транспорт является небезопасным местом с точки зрения распространения инфекции. Ввиду этого, рабочей группой были рекомендованы следующие меры обеспечения "чувства безопасности" у пассажира во время поездки:

1. Непрерывное соблюдение мер профилактики (дезинфекция, санитарная обработка, меры социального дистанцирования и прочее).

2. Информирование клиента о ситуации, связанной с Covid-19 (предоставление актуальной информации пассажиру начиная с продажи билета и до конца поездки).

3. Освещение деятельности компании по предотвращению инфицирования Covid-19 пассажиров в пути. Соблюдение сотрудниками компании мер безопасности, отсутствие загруженности в поездах, охрана за соблюдением социального дистанцирования.

После ослабления и снятия ограничительных мер в ряде стран (карантин, режим самоизоляции), транспортный сектор намерен продолжить применять рекомендации, разработанные в период пандемии, обеспечивая безопасность пассажиров, а также продолжить и ускорить реализацию мер по восстановлению пассажирских перевозок на прежний допандемийный уровень.

Список литературы

1. Анализ динамики пассажиропотока поездов "Сапсан" и авиационного транспорта на линии "Москва – Санкт-Петербург" до 2025 г. / Н.С. Бушуев, Д.О. Шульман, К. М. Сагайдак / Электронный научный журнал "Бюллетень результатов научных исследований". – СПб: ПГУПС, 2019. – Вып. 1. – С. 4– 13. – Режим доступа: <http://brni.info/archive/2019/1.html>

2. Modeling of container freight and passenger traffic / Nikolaj Bushuev, Darina Shulman, Kristina Sagajdak / IOP Conference Series: Earth and Environmental Science Vol 403, 2019 XII International Scientific Conference on Agricultural Machinery Industry 10–13 September 2019, Don State Technical University, Russian Federation. №012226. – Режим доступа: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/403/1/012226>

3. Оценка перспектив развития высокоскоростного железнодорожного и авиационного транспорта на направлении Москва-Санкт-Петербург / Н.С. Бушуев, Д.О. Шульман // Сборник трудов Второй Международной научно-практической конференции «Развитие инфраструктуры и логистических технологий в транспортных системах (РИЛТТРАНС-2017)». – Санкт-Петербург: ФГБОУ ВО ПГУПС, 2018. – С. 219-222.

4. Пассажиропоток, реализуемый поездами «Сапсан» на направлении Москва - Санкт-Петербург / Н.С. Бушуев, Д.О. Шульман / Сборник трудов по итогам конференция "Актуальные проблемы развития транспортной инфраструктуры". СПб: ПГУПС, 2018. – С. 86-88.

5. О проектах высокоскоростных железнодорожных магистралей в России и в мире / Н.С. Бушуев, Д.О. Шульман, К.М. Сагайдак / Сборник научных трудов "Проектирование развития региональной сети железных дорог" / Под ред. В.С. Шварцфельда. – Хабаровск: ДВГУПС, 2019. – Вып.7. – С. 73-77.

6. Скорость и комфорт // Гудок. – Выпуск № 47 от 18.03.2020

7. РЖД отменят более 50 поездов дальнего следования и сократят «Сапсаны» // Данные сайта "РБК" [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.rbc.ru/society/03/04/2020/5e86ed3c9a794765f42ad0a6> (дата обращения: 04.03.2021).

8. РЖД запустят дополнительные «Сапсаны» для соблюдения социальной дистанции // Данные сайта "РБК" [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.rbc.ru/rbcfreenews/5ebff7fe9a7947242edd12fa> (дата обращения: 04.03.2021).

9. Как пандемия изменила российские аэропорты // Данные сайта "Ведомости" [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.vedomosti.ru/salesdepartment/2021/03/15/kak-randemiya-izmenila-rossiiskie-aeroporti> (дата обращения: 08.03.2021).

10. Маршруты не пересеклись // Гудок. – Выпуск №7 (27101) от 20.01.2021

11. UIC Covid-19 Task force. Management of Covid-19 (Railsilience, back on the track // опубликовано Департаментом коммуникаций МСЖД от имени Рабочей группы по Covid-19 Л. Петерсен, А. Ссадуи, В. Перес и др. – Paris - France, июнь 2020. – ISBN: 978-2-7461-2954-2

Контактная информация:

Бушуев Николай Сергеевич – канд. техн. наук, проф.; 2009bushuev@rambler.ru

Шульман Дарина Олеговна – канд. техн. наук, доц.; shulman@pgups.ru

Топильская Кристина Мирославовна – аспирант; ts@mail.ru

Author's information:

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

Darina O. Shulman – PhD Eng. Sci, Associate Professor; shulman@pgups.ru

Kristina M. Topilskaya – PhD Student; ts@mail.ru

УДК 625.1(09)

Киселев И.П.

Петербургский государственный университет путей сообщения

Императора Александра I, Санкт-Петербург

СУБЪЕКТИВНЫЙ ФАКТОР СОЗДАНИЯ ПЕРВЫХ РОССИЙСКИХ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ. КАЗУС ТЕХНОЛОГИЙ

В работе комплексно рассматриваются субъективные и объективные факторы приобщения России в 1830-е годы к передовым технологическим достижениям – железнодорожному транспорту. Анализируется казус несоответствия потребностей общества и государства достигнутому техническому прогрессу; роль личности в этом процессе. Работа полезна в курсе изучения истории транспорта, а также всем, кто интересуется историей России.

Ключевые слова: история железных дорог, первые железные дороги России

Kiselev I.P.

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

THE SUBJECTIVE FACTOR OF THE CREATION OF THE FIRST RUSSIAN RAILWAYS. SPECIAL CASE OF TECHNOLOGIES

The paper comprehensively examines the subjective and objective factors of Russia's introduction to the advanced technological achievements-railway transport in the 1830s. The article analyzes the case of the discrepancy between the needs of society and the state to the achieved technological progress; the role of the individual in this process. The work is useful in the course of studying the history of transport, as well as for anyone interested in the history of Russia.

Keywords: history of railways, the first railways of Russia

Первые колейные дороги России и знакомство с опытом развития рельсовых дорог в мире

Рельсовые дороги в России, как и в большинстве стран, зародились на горнодобывающих и металлургических производствах, где их скоростные характеристики мало принимались во внимание. На Александровском пушечном заводе в Петрозаводске с 1788 г. действовала одна из таких дорог с чугунными рельсами, построенная А. С. Ярцевым. Вагонетки по ней передвигались людьми [1]. Одним из первых сведения о новом транспорте сообщил в Россию коллежский советник Л.С. Ваксель [2]. В 1801 г. он был направлен в Англию Кабинетом его величества для изучения гидравлических работ. В 1805 г., будучи назначенным членом Департамента водных коммуникаций, был оставлен в Англии для «продолжения своих занятий и для наблюдения и руководства занятиями чиновников, командированных для учения». Л. С. Ваксель счел сведения о железных дорогах чрезвычайно важными и работая в Англии, подготовил и издал в Санкт-Петербурге в 1805 г. первую книгу на русском языке с описанием железной дороги. Годом раньше товарищ министра морских сил вице-адмирал П. В. Чичагов передал Н. П. Румянцеву присланные ему английским предпринимателем В. Фаугеном описания и модели чугунных дорог с повозками, употребляемые для перевозки тяжестей. Эти описания и модели были переданы в Экспедицию устройства дорог в государстве «для сведения и хранения» [3]. Сравнивая «чугунные дороги» с другими путями сообщения, Л.С. Ваксель отмечал, что рельсовые пути строятся «для скорости, экономии и облегчения работ» [4]. Таким образом, скоростные преимущества нового транспорта были отмечены на первом этапе знакомства с ними в России.

Однако вопросы устройства чугунных колейных дорог первоначально интересовали только узкий круг специалистов, прежде всего применительно к промышленности и горному делу. В 1809 г. горный инженер П.К. Фролов построил по своему проекту чугунную колейную дорогу протяженностью около 2 км для перевозки руды между Змеиногорским рудником и Корбалихинским сереброплавильным заводом на Алтае. Он также предложил постройку железной дороги с конной тягой длиной 150 км. между озером Эльтон и рекой Волгой. Это был, по мнению историка В.С. Виргинского, первый (увы не осуществленный) проект железной дороги общего пользования в России. К нему вновь обратился в 1820 г. А. Бетанкур, возглавлявший Ведомство путей сообщения, однако строительство дороги так и не началось [5].

Еще до открытия в 1825 г. в Англии первой железной дороги общего пользования Стоктон – Дарлингтон в кругу просвещенных людей России проявился интерес к рельсовым дорогам и применению на транспорте паровых двигателей [6, 7]. В 1826 г. популярный журнал «Московский телеграф» и влиятельный «Журнал мануфактур и торговли» опубликовали подробные материалы с разбором и пересказом книг английских инженеров о железных дорогах

и с изложением книги венского профессора А.Ф. Гертнера о железной дороге между реками Молдовой (Влтавой) и Дунаем [8].

Условия, зарождения железнодорожного транспорта в России

Начальный этап развития железнодорожного транспорта в России по сравнению с передовыми странами Западной Европы имел свои отличительные особенности. В Великобритании, Бельгии, Франции, Германии зарождение и начальный этап развития железных дорог проходили в условиях вполне сложившегося капиталистического общества. Становление железных дорог как нового перспективного вида транспорта шло синхронно с промышленной революцией, являясь ее важной составляющей.

Строительство железных дорог в России началось в крепостническом обществе, пусть и находящемся в завершающей стадии развития. Безусловно, железнодорожное строительство в России стало важным элементом промышленного переворота, но в отличие от западных стран оно осуществлялось, по отношению к модернизации промышленного производства, опережающим образом.

В 50-е годы XIX века, когда в России были введены в строй первые железнодорожные магистрали (заметим, по техническому оснащению находившиеся на уровне лучших железных дорог мира), в стране только начинался процесс перехода от мануфактурного производства, основанного на ручном труде, к фабричному с применением машин. Промышленный переворот в передовых отраслях промышленности России завершился к 80-м годам XIX века, в большинстве отраслей – в первом десятилетии XX века.

Строительство первых железных дорог в России – яркий пример влияния субъективного фактора на внедрение в практику тех или иных технических достижений. Исторические документы, публикации XIX века свидетельствуют, что в 20–40-е годы XIX века в России большая часть государственных деятелей, включая министров, подавляющее большинство специалистов-транспортников и строителей, предпринимателей, а также общественное мнение были против строительства железных дорог. В этих условиях постройка первой железной дороги общего пользования в России именно в конце 30-х годов и сооружение первой магистральной двухпутной железнодорожной линии Санкт-Петербург–Москва в 40–50-е годы связана с исключительной ролью людей, которые составляли, образно говоря, «мозговой центр» в области самых передовых в тот момент – железнодорожных технологий.

Среди них влиятельные политические деятели и предприниматели, инженеры путей сообщения и профессора А.А. Бобринский, А.Ф. Герстнер, А.Д. Готман, Н.О. Крафт, Г. Ламе, Н.И. Липин, П.П. Мельников, М.С. Волков, Н.П. Щеглов и др. Их вклад в разработку проекта и строительство первых железных дорог достаточно полно отражен и в дореволюционной, и в советской историографии. Решающее слово в деле железнодорожного строительства принадлежало Императору Николаю I.

Факты, связанные с его исключительной ролью в осуществлении первых железнодорожных проектов, получившие должную оценку в трудах дореволюционных исследователей, по известным идеологическим причинам практически не нашли отражения в исторических исследованиях советского периода. Роль Николая I в создании российского железнодорожного транспорта заслуживает комплексного научного изучения и описания. Отметим важный факт личного участия и обсуждения Императором многочисленных проектов первых железных дорог, что основывалось на глубоком понимании идеи железнодорожного транспорта. Малоизвестен факт, что еще в 1815–1816 гг. будущий государь – Великий князь Николай Павлович совершил большую ознакомительную поездку по странам Западной Европы, посещая промышленные и горные предприятия. В Великобритании он осматривал угольные шахты у города Лидса, где ознакомился с работой одного из первых паровозов конструкции Дж. Бленкинсопа и М. Мюррея [9].

Приходится сожалеть о том, что даже авторы уже упомянутого нами фундаментального труда «История железнодорожного транспорта России», вышедшего в годы перестройки, не представили должным образом личный вклад императора Николая I в зарождение железнодорожного транспорта России.

Одним из первых отметил подлинную прогрессивную роль Николая I в деле создания железных дорог в России профессор М.И. Воронин, однако это было сделано только в рукописном отчете о научной работе в 1991 г. [10]. Негативное политическое клеймо, основания которого весьма спорны, наложенное на Николая I советской историографией, полностью заслонило прогрессивную роль монарха в приобщении России к самому передовому в тот момент виду транспорта.

Между тем весьма показательны материалы заседания Комитета министров 13 января 1842 г., на котором решалась судьба строительства Петербурго-Московской железной дороги. На том историческом заседании Николай I подвел итоги многочасовой дискуссии самых влиятельных лиц государства такими словами: «а так как все министры против устройства железной дороги, то учреждается для осуществления этого важного предприятия особый комитет, назначает председателем его Наследника Престола Цесаревича Александра Николаевича и при комитете особую строительную комиссию» [11].

Несомненно, уже в период зарождения железнодорожного транспорта в России ведущие инженеры-транспортники, ученые рассматривали его с позиций создания качественно новых скоростных путей сообщения. В одном из первых документов, содержащих предложения по сооружению железнодорожной магистрали между двумя столицами, поданном в марте 1838 г. статским советником А.В. Абазой московскому военному генерал-губернатору князю Голицыну и препровожденном на рассмотрение государя Николая I, отмечалось, что новая дорога предназначается для «быстрой почтовой езды» [12].

К моменту появления первых российских проектов паровых железных дорог общего пользования в стране был собственный, пусть и небольшой, опыт создания паровозов. Российское паровозостроение началось в 1834 г. постройкой локомотива на Выйском заводе (Нижний Тагил) отцом и сыном Ефимом Алексеевичем и Мироном Ефимовичем Черепановыми – работниками Демидовских заводов.

История создания первого паровоза в нашей стране и по сей день изобилует белыми пятнами. В опубликованных материалах встречается немало противоречивых, а то и неверных сведений. Даже в первой публикации о паровозе – заметке в «Горном журнале», ошибочно указано, что машина была построена в 1833 г. [13].

В большинстве публикаций советских историков опускается тот факт, что и отец, и сын Черепановы неоднократно выезжали в командировки за границу, в том числе и в Англию. Их паровоз был сконструирован и построен на основе изучения английского опыта. Но даже успешное воспроизведение чужой разработки, относящейся по меркам XIX века к самым передовым достижениям техники и технологии, заслуживает большого уважения.

Ответ на вопрос о том, почему при создании первой железной дороги общего пользования в России игнорировался отечественный опыт, прежде всего Черепановых, советская историческая наука однозначно связывала с отсталостью, ретроградством, коррумпированностью чиновников царского правительства, их «низкопоклонством перед иностранщиной». Нам представляется, что такая позиция страдает упрощением. Приходится констатировать, что паровозы Черепановых в значительной степени остались «вещью в себе», невозможной к широкому коммерческому использованию.

Создание паровых железных дорог общего пользования в России осуществлялось по схеме, близкой к той, которая была реализована в других странах. Даже во Франции, которая далее всего продвинулась к началу 30-х годов XIX века в области железнодорожной техники, первые паровозы были закуплены у Стефенсона. В Бельгии, Германии, США железнодорожный транспорт с использованием паровой тяги первоначально базировался на комплексном использовании технических решений по устройству пути, подвижного состава, включая паровозы, приобретенные в Великобритании.

Специалисты и общественное мнение в России о железнодорожном транспорте

Первоначальное резкое неприятие в обществе нарождающегося парового железнодорожного транспорта было отмечено во всех странах. В десятках, если не сотнях публикациях, в том числе и русских, советских историков, исследуется борьба Дж. Стефенсона за строительство Стоктон-Дарлингтонской и Манчестер-Ливерпульской железных дорог в самой передовой в техническом от-

ношении стране – Великобритании [14]. В этом плане общество и правительство царской России отнюдь не было исключением.

Судя по публикациям и архивным материалам в начале 30-х годов XIX века в кругах российских инженеров, предпринимателей, правительственных чиновников Ведомства путей сообщений, других министерств вопрос «Нужны ли России железные дороги вообще, а если и нужны, то какие именно: конные или паровые?» был чрезвычайно актуален [15]. Причем проблема во многом связывалась именно с обсуждением их скоростных характеристик в сравнении с наземными гужевыми и внутренними водными путями сообщений. В работах видных российских ученых, инженеров, политиков того времени, в частности, Н.С. Мордвинова, Г. Ламе, М.Г. Дестрема, Н.П. Щеглова П.П. Мельникова и др., а также в материалах зарубежных авторов, опубликованных в России, прежде всего А. Герстнера, предпринимались попытки всесторонне оценить зарождающийся железнодорожный транспорт с позиций потребности общества и экономики страны в скоростной доставке грузов и пассажиров.

Г. Ламе – профессор Института Корпуса инженеров путей (ИКИПС) сообщений, командированный в 1830 г. в Англию для изучения железных дорог и присутствовавший на открытии дороги Манчестер – Ливерпуль, отмечал в своем научном отчете, подготовленном по результатам поездки, в первую очередь именно скоростные возможности нового вида транспорта [16]. Первые исследования, в которых проводился комплексный анализ железнодорожного транспорта, в сравнении с другими путями сообщений середины XIX века, были выполнены в ИКИПС сообщения М.Г. Дестремом [17], Н.И. Липиным [18], С.В. Кербедзом [19, 20], Н.О. Крафтом [21], П.П. Мельниковым. В 1835 г. П.П. Мельниковым была издана одна из первых монографий о железных дорогах на русском языке [22].

Профессор М. Г. Дестрем – крупный инженер и ученый в области транспорта и транспортного строительства первоначально был принципиальным противником строительства железных дорог в России, считая их неконкурентоспособными в сравнении с внутренним водным путями в этой стране. Инженер путей сообщения Н.И. Липин в 1834 г. начал чтение первого учебного курса о железных дорогах в ИКИПС в «Курсе построения» профессора М.С. Волкова.

Дискуссия о необходимости и возможности строительства железных дорог и увеличения скорости перевозок пассажиров и грузов в России развернулась на страницах многих изданий, в том числе «Журнала путей сообщения». Процесс признания железнодорожного транспорта шел непросто. В работах историков науки и техники советского периода преобладало вульгарное «классовое» обоснования неприятия железных дорог царскими сановниками [23]. Вопрос был гораздо сложнее. Даже у последовательных поборников железных дорог инженеров и ученых М.С. Волкова, С.В. Кербедза, Н.И. Липина, П.П. Мельникова в статьях конца 30-х – начала 40-х годов приводятся суждения, свидетельствующие о серьезных сомнениях в эффективности железнодо-

рожного транспорта в условиях России. Будучи уверенными в полезности железных дорог в принципе, они неоднократно подчеркивали мысль о необходимости комплексного подхода в каждом конкретном случае к оценкам достоинств и недостатков различных путей сообщения.

П.П. Мельников отмечает скоростные свойства нового вида транспорта в качестве важнейших. В одной из первых своих работ о железных дорогах ученый пишет: «Удачным употреблением механических движителей, при учреждении сего нового рода сообщений воспользовались теми открытиями по части механики, какие сделаны в последнее время, и в подвижных паровых машинах (Locomotives), человек испытал скорость переездов, до сего изобретения им не испытанную» [24].

Однако преобладающим в общественном мнении было пессимистическое отношение к новому виду транспорта. В работах многих ученых и инженеров того времени прослеживалась мысль об особенностях устройства русского общества и экономики государства российского, которое якобы не нуждается в столь быстрых перевозках.

Профессор ИКИПС М.Г. Дестрем, один из крупнейших ученых и инженеров-путейцев своего времени сосредоточил свои исследования на грузовых перевозках, вовсе исключив пассажирские. В своем труде он отмечает: «Они [сторонники железных дорог – И. К.] смело утверждают, что железные дороги несравненно превосходнее судоходных каналов, и даже предлагают заменить ими водяные сообщения, что по справедливости возбуждает удивление всех сведущих в искусствах людей» [25]. М.Г. Дестрем, возглавлявший комиссию проектов и смет Ведомства путей сообщения, безусловно, оказывал большое влияние на главноуправляющего путями сообщения К.Ф. Толя, который, тем не менее, пытался разобраться в преимуществах и недостатках нового транспорта. П.П. Мельников, касаясь этого вопроса, писал: «Я знал Дестрема хорошо... и отдаю полную справедливость его теоретическим познаниям и способностям, но не могу не сказать, что надо быть французом и гасконцем, каким был Дестрем в полном смысле слова, чтобы с таким легкомыслием произносить столь решительные приговоры... Впоследствии Дестрем отступился от этих опрометчивых заключений по столь серьезному вопросу и, вероятно, сожалел, что поспешил с напечатанием своей статьи, в которой ни одно положение не оправдалось последующими опытами» [26].

Как показал в своих работах профессор М.И. Воронин, граф К.Ф. Толь не был «ярким реакционером», «бюрократом из обрусевших немцев», как зачастую характеризуют его исследователи советского периода и много содействовал решению вопроса о строительстве в стране первой железной дороги общего пользования – Царскосельской.

В работе «Сведениях о русских железных дорогах», написанной в 1870-е гг. П.П. Мельников не стесняется показать, каким сложным и мучительным был процесс постижения преимуществ нового вида транспорта,

прежде всего его скоростных возможностей. Характеризуя ситуацию 30-х годов, П.П. Мельников пишет: «Такое мнение, что железные дороги с паровыми двигателями призваны предпочтительно для быстрого движения пассажиров и составляют слишком дорогостоящее средство сообщений для передвижения малоценной клади, было разделяемо большинством инженеров и публики» [27].

В обстановке неприятия идеи железных дорог в России, как на обывательском уровне, так и в государственных структурах, прежде всего в Ведомстве путей сообщения [28], вопрос о финансово-экономической основе осуществления проектов – использование государственных или частных средств, становился особенно важным. В дискуссию по этому вопросу включились самые разные люди, статьи в поддержку и против железных дорог публиковались во многих изданиях.

В 1835 г. брошюру «Об устройении железных дорог в России» издал известный публицист, писатель, экономист того времени, вхожий в аристократические салоны и правительственные круги, «действительный член Императорских обществ Вольного экономического, Московского сельского хозяйства и прочих...», как он себя представлял, Н.И. Тарасенко-Отрешков¹ [29].

К сожалению, в советской историографии Н.И. Тарасенко-Отрешков, с его выводом о том, что *«предлагаемое ныне на великом пространстве устройство железных дорог в России совершенно не возможно, очевидно бесполезно и крайне не выгодно [курсив автора – И. К.]»* [29] представлен лже-ученым – «изобретателем химического состава для выведения пятен с одежды», ретроградом и выразителем интересов самых реакционных сил общества [30]. На самом деле очень полезно внимательно прочитать брошюру Наркиза Атрышкова. В легковесной критике его размышлений советскими историками сто лет спустя просматривается явление, которое можно назвать чванством «умных» потомков, смеющихся над тем, что искренне не понимали их предки. Действительно, как легко сегодня разбирать ошибки, неудачи, проигранные сражения прошлых лет! Между тем, несомненно талантливый публицист Н.И. Тарасенко-Отрешков очень точно собрал, обобщил и выразил в своей брошюре все то, что не понимало, говоря о новом виде транспорта, общество начала XIX века, в том числе и просвещенные его представители, многие ученые, инженеры.

Именно знакомство с этой брошюрой показывает, каким *инновационным* (говоря современным языком) техническим транспортным чудом была в начале XIX века железная дорога. Ведь не было никакого опыта их строительства и эксплуатации в условиях сурового российского климата. И то, что во все времена называли «здравым смыслом», подсказывало неминуемое промерзание зимой грунта под рельсами с последующим пучением грунта, который взломает строгую геометрию пути, сплошной занос снегом рельсовой колеи, необходимость использования в условиях России труда тысяч крестьян для очистки путей от снега... Ведь те немногие шоссе, что были в России, сплошь заносило

¹ Публиковал свои работы под псевдонимом Наркиз Атрышков.

зимой сугробами, но конные сани их преодолевали, а рельсовые экипажи? Здравый смысл не давал ответа на вопрос: как может обогнать один экипаж, идущий по рельсовой колее, другой? Устройство на рельсовой колее стрелочных переводов, да еще в большом количестве, казалось технически невозможным или немислимо сложным. Не забудьте о существовавших ужасающих российских грунтовых дорогах и «здравый смысл» подскажет вам, что и железные дороги в России не могут быть исполнены иначе. Любому человеку станет ясно безумство этой затеи.

Брошюра Наркиза Артышкова напоминает всем авторам инновационных идей о необходимости проведения просветительской и разъяснительной работы в самых широких массах населения, в том случае, если они считают необходимым реализацию своих проектов. В наше время проекты ВСМ Санкт-Петербург – Москва и поезда «Сокол», не осуществленные в конце XX века – начале XXI века, служат яркими примерами проигранной информационной войны с их противниками, за что свою долю моральной ответственности несет и автор работы.

В конце 1836 г. профессор ИКИП М.С. Волков направил в качестве реакции на брошюру Н.И. Тарасенко-Отрешкова полемическую статью в поддержку железных дорог в журнал «Современник», основанный и редактируемый А.С. Пушкиным.

К сожалению, текст статьи М.С. Волкова не найден, и мы можем судить о ней только по ответу А.С. Пушкина. В письме к В.Ф. Одоевскому (предположительно, в конце ноября – начале декабря 1836 г.) А. С. Пушкин объясняет причины своего отказа опубликовать статью М.С. Волкова, при этом высказывает суждение, очень для нас важное, поскольку поэт с настороженностью относился ко всему, что требовало поддержки государства: «Я, конечно, не против железных дорог; но я против того, чтоб этим занялось правительство» [31].

Думается, полезно привести полностью это письмо А.С. Пушкина: «Статья г. Волкова [подчеркнуто автором – И.К.] в самом деле очень замечательна, дельно и умно написана и занимательна для всякого. Однако ж я ее не помещу, потому что, по моему мнению, правительству вовсе не нужно вмешиваться в проект этого Герстнера. Россия не может бросить 3 000 000 на попытку. Дело о новой дороге касается частных людей: пускай они и хлопочут. Все, что можно им обещать, так это привилегию на 12 или 15 лет. Дорога (железная) из Москвы в Нижний-Новгород еще была бы нужнее дороги из Москвы в Петербург – и мое мнение – было бы: с нее и начать... Я, конечно, не против железных дорог; но я против того, чтоб этим занялось правительство. Некоторые возражения противу проекта неоспоримы. Например: о заносе снега. Для сего должна быть *выдумана* новая машина, *sine qua non* [лат: без чего нет, т. е. – во что бы то ни стало]. О высылке народа или о найме работников для сметания снега нечего и думать: это нелепость. Статья Волкова писана живо, остро. Отрешков отделан очень смешно; но не должно забывать, что противу железных дорог были мно-

гие из Государственного совета; и *тон* статьи вообще должен быть очень смягчен. Я бы желал, чтоб статья была напечатана особо или в другом журнале; тогда бы мы об ней представили выгодный отчет с обильными выписками. Я согласен с Вами, что эпиграф, выбранный Волковым, неприличен. Слова Петра I были бы всего более приличны; но на сей раз пришли мне следующие: А спросить у немца: а не хочет ли он «***» [31]

Первые проекты железных дорог общего пользования в России

В начале 30-х годов XIX столетия после успешного строительства в Англии, США, Франции, Германии, Бельгии первых железных дорог было предложено около десятка проектов сооружения железных дорог общего пользования в России [32]. Наиболее успешно свои предложения и в техническом, и в экономическом, и в политическом плане представил Франц Антон фон Герстнер (Gerstner) – чех по происхождению, профессор Венского политехнического института, имевший опыт проектирования и строительства конной железной дороги в Австрии² [33]. Помимо прочих аргументов в защиту нового вида транспорта А. Герстнер приводил и фактор скорости: «они [железные дороги] дают возможность сокращать большие расстояния путем увеличения скорости; передвижения» [34].

А. Герстнеру было отказано в исключительном праве на строительство всех железных дорог в России, но 15 апреля 1836 г. высочайше разрешено совместно с рядом влиятельных лиц, учредить акционерное общество для сооружения и эксплуатации первой в России железной дороги общего пользования Санкт-Петербург – Царское Село – Павловск [35]. Строительство Царскосельской железной дороги осуществлялась как коммерческий проект. Выбор технических средств для реализации проекта, поставщиков материалов, оборудования, в том числе и подвижного состава, был прерогативой руководства акционерного общества и автора проекта А. Герстнера. Вполне обосновано его обращение к проверенным на практике решениям английских и бельгийских инженеров. Безусловно, все это было известно и в советское время и остается только сожалеть о том, что ученые-историки вынуждены были давать идеологически выдержанный, но далекий от существа проблемы ответ на поставленный раньше вопрос о том, почему при строительстве Царскосельской железной дороги не был использован опыт сооружения железной дороги и паровоза Черепановыми.

По мнению профессора М.И. Воронина, основные нормативные положения по строительству железных дорог в России были разработаны комиссией, образованной для решения вопроса о сооружении Царскосельской железной дороги под руководством А. Герстнера. Ширина колеи для дороги была определена 6

² Он был приглашен в Россию в 1834 г. генералом К. В. Чевкиным, заведовавшим горным делом. А. Герстнер около двух лет путешествовал по России, inspectуруя учреждения горного ведомства. Вернувшись в Санкт-Петербург, он развернул широкую информационную кампанию в поддержку нового вида транспорта. На собственные средства им была издана и распространена среди влиятельных лиц государства брошюра об опыте строительства железных дорог в Европе и Северной Америке.

футов (1829 мм), что, по мнению Герстнера по сравнению со стефенсоновской колеей шириной 1435 мм способствовало большей устойчивости подвижного состава и давало возможность удобно размещать на железнодорожных платформах громоздкие кареты [36]. Многие русские ученые и инженеры разделяли мнение о пользе более широкой колеи, чем использовал Дж. Стефенсон. В частности, профессор ИКИПС М.С. Волков в качестве одного из важных резонансов в поддержку более широкой колеи отмечал возможность увеличить диаметр движущих колес паровоза для увеличения скорости движения, не уменьшая его устойчивости [37].

К октябрю 1837 г. строительство линии от Петербурга до Царского села длиной 21 ½ версты (22,9 км) было завершено. Рельсы, скрепления, другие элементы конструкции верхнего строения пути, также, как и подвижной состав, были закуплены за рубежом. Были внесены необходимые изменения в конструкции локомотивов и вагонов колеи 1435 мм, для их использования на колее 6 футов (1829 мм). Шесть паровозов были приобретены в Великобритании и один – в Бельгии.

Пять паровозов были типа 1-1-1 и представляли собой конструкцию британского экспортного локомотива типа «Adler», поставленный в 1835 г. в Германию. Один локомотив – типа 1-1-0 и еще один – 0-2-1. Паровозы имели мощность около 40 л. с. и предназначались для обслуживания поездов из нескольких вагонов с 300 пассажирами со скоростью до 40 км/ч. Самый мощный паровоз «Богатырь» (позже переименованный в «Россию») имел мощность 119,6 л. [40, 41].

В день открытия дороги 30 октября 1837 г. поезд с паровозом, управляемым А. Герстнером, прошел от Санкт-Петербурга до Царского села за 35 мин, обратный путь поезд преодолел за 28 мин, показав среднюю скорость 49,7 км/ч и временами развивая скорость не менее 60 км/ч³, что казалось совершенно невероятным для современников [42, 43].

Первоначально дорога эксплуатировалась как с конной, так и с паровой тягой, с 4 апреля 1838 г. полностью переведена на паровозную. В 1904 г. дорога была переширена на колею 1524 мм и соединена с общей сетью железных дорог страны.

С началом регулярной эксплуатации средняя скорость поездов составляла около 20,5 миль в час (32,9 км/ч), максимальная доходила до 35,8 миль в час (57,6 км/ч) [44]. К 1847 г. максимальная скорость движения по дороге была увеличена до 70 км/ч, что было наивысшим достижением для нашей страны [45].

Первоначально на железных дорогах, в том числе и на Царскосельской, предотвращение столкновения или нагона поездов обеспечивалось исключительно *разделением по времени* пребывания на одном участке пути двух и более

³ Скоростемеров на паровозах тогда еще не было, скорость измерялась по времени, за которое проходил участок пути известной длины.

поездов, т. е. соблюдением расписания. Более безопасной была организация движения поездов с помощью обмена сообщениями между станциями, для чего использовались пешие и конные посыльные и даже голубиная почта [46]. О начале движения поезда или проследовании им определенных участков на первых железных дорогах, например, на Царскосельской, Варшаво–Венской, сообщали с помощью оптического телеграфа. С 1839 г. на Царскосельской дороге для организации движения проводились опыты с электрическим телеграфом академика Б.С. Якоби [47].

Начало подготовки специалистов для железных дорог в России

Появление нового вида транспорта поставило вопрос о подготовке кадров. Строительство первой российской железной дороги общего пользования было осуществлено под руководством иностранных специалистов и это дало повод историку Д.И. Каргину заметить, что «сооружение Царскосельской железной дороги не дало нам опыта в деле постройки рельсовых путей. С одной стороны, эту дорогу строили австрийские инженеры; с другой же стороны, облегченные условия сооружения и незначительность протяжения ее не могли подготовить собственных опытных инженеров» [48]. Для российских инженеров Царскосельская дорога была скорее «выставкой» передовой техники, нежели технической школой. Руководящий штат строителей и персонал дороги в первые годы эксплуатации, включая машинистов паровозов, состоял из иностранцев.

Недопустимость такого положения осознали в Корпусе инженеров путей сообщения. В 1835/1836 учебном году профессор М.С. Волков ввел в «Курс построений», который преподавался в ИКИПС, новый раздел «О построении железных дорог». Лекции читал инженер путей сообщения Н.И. Липин. Предмет «Паровозы и вагоны» (как часть курса прикладной механики) преподавал П.П. Мельников [49]. В стране зарождалось высшее инженерное железнодорожное образование.

Известно, что условием успешного профессионального роста является постоянное повышение квалификации, получение новой информации в своей профессиональной области. В 60-е годы XIX века в условиях тоталитарного контроля за любыми проявлениями самостоятельности в обществе, в ИКИПС начинает зарождаться система повышения квалификации инженеров в форме проведения бесед на профессиональные темы. Профессор П.И. Собко отмечал: «Эти беседы принесут существенную пользу. При обмене идеями инженеры на работах не будут отставать от движения науки, а инженеры, занимающиеся теорией, будут обогащены фактами, о которых другими путем у нас нельзя было бы иметь надлежащие сведения». В разрешении на организацию Общества инженеров в те годы было отказано, на проведение каждой беседы испрашивалось отдельное согласие руководства [50].

Заключение

Железные дороги в XIX в. являли собой самое яркое проявление промышленного переворота не только в своей утилитарно-транспортной функции, но и в качестве драйвера множества научных исследований и отраслей промышленности: от металлургии и производства новых вяжущих строительных материалов до теоретической механики в ее воплощении в конструкциях мостов, локомотивов и до взрывотехники.

Появление железных дорог в России в первой половине XIX века в стране, которая только-только начинала переход от мануфактурного производства к фабричному, было преждевременным, исходя из логики исторического развития промышленности и транспорта. Рельсовые (колейные) дороги интересовали отдельных энтузиастов, технических самородков и первопроходцев, таких как А.А. Бетанкур, А. С. Ярцев, Л.С. Ваксель, П.К. Фролов, А. Герстнер, отец и сын Е.А и М.Е. Черпановы, позже – П.П. Мельников, но не предпринимателей и специалистов – транспортных строителей, таких как М.Г. Дестрем, которые были правы в анализе, показывающем преждевременность и экономическую несостоятельность сооружения железных дорог в тот период.

В России первые железные дороги возникли в результате доминирования субъективного фактора. В ИКИПС на основе изучения передового зарубежного опыта и собственных теоретических изысканий сформировалась мощная команда специалистов, поддерживавших идею создания передового вида транспорта и сумевшая адекватно представить ее императору Николаю I. Среди них – профессора, ученые, инженеры, публицисты. Большинство из них – воспитанники инженерной школы А. Бетанкура: П.П. Мельников – будущий министр путей сообщения, А.Д. Готман, Н.О. Крафт, Г. Ламе, Н.И. Липин, М.С. Волков, Н.П. Щеглов и другие, предвидевшие великую роль железнодорожного транспорта.

В создании и становлении железнодорожного транспорта в России чрезвычайно велика и недооценена в советской историографии роль императора Николая I, который по праву должен именоваться «отцом российских железных дорог», по примеру того, как Петра Великого называют отцом российского флота.

Россия была шестой страной в мире, построившей в 1837 г. железную дорогу. Это было сделано иностранными специалистами по проекту и под руководством австрийского инженера, чеха по происхождению, Антона фон Герстнера на основе зарубежных технологий и импортных материалов.

Однако спустя всего пять лет страна оказалась готова к тому, что первую двухпутную железнодорожную магистраль, связавшую между собой Санкт-Петербург и Москву, проектировали, строили и затем эксплуатировали уже российские специалисты. Этот мощный технический и технологический прорыв во многом обеспечила система опережающей подготовки инженеров в Институте Корпуса инженеров путей сообщения, ныне – Петербургском государ-

ственном университете путей сообщения Императора Александра I, лучшие традиции которого сегодня развивают и продолжают его профессора, преподаватели, студенты и выпускники.

Список литературы

1. История железнодорожного транспорта России. В 3 т. Т. 1: 1836–1917 / Под ред. Е. Я. Красковского, М. М. Уздина – СПб.; М., 1994. — С. 24;
2. Ваксель Л. С. Описание чугунной дороги (Iron Rail Way), учрежденной в графстве Суррей, в Англии в 1802 году, изобретенной для удобнейшего и легчайшего перевозу разных грузов и тяжестей лошадьми. – СПб.: Мед. тип-я, 1805. – 25 с.;
3. Краткий исторический очерк развития и деятельности Ведомства путей сообщения за сто лет существования (1798–1898) – СПб, Тип. МПС, 1898; репринт. М.: «Пан пресс», 2009. – 272 С. 53 – 54.
4. Ваксель Л. С. Описание ныне делаемого в Шотландии Каледанского канала, 1808: Рукопись. – Л. 26 / НТБ ПГУПС.
5. Виргинский В. С. Возникновение железных дорог в России. – М.: Гос. трансп. жел.-дор. изд-во, 1949. – С. 70 – 71.
6. Гурьев В. Об учреждении торцовых дорог и сухопутных пароходов в России посредством компании. С.Пб.: Тип. Э. Праца и Ко, 1836. – 74 с.
7. Чижев Д. С. Записки о приложении начал механики к исчислению действия некоторых машин, наиболее употребительных. – СПб., 1823. – С. 131.
8. История железнодорожного транспорта России... Т. 1. – С. 29.
9. Шотлендер Я. В. История паровоза за сто лет. – СПб., 1905 – С. 5.
10. Воронин М. И. Развитие технического состояния и скорости движения поездов на железнодорожных направлениях: В 2-ч. Ч. I. Ленинград – Бологое – Москва. Ч. II. Ленинград – Мга – Савелов – Москва. Проектирование и строительство Петербурго-Московской железной дороги, и ее развитие до 1917 г.: Отчет о научн.-исследова. Работе. – Л.: ЛИИЖТ, 1991. – Л. 118–119 // НТБ ПГУПС.
11. Постройка и эксплуатация Николаевской железной дороги (1842 – 1851 – 1901 гг.): Краткий исторический очерк / Составлен управлением дороги. – СПб.: Тип. Эрлихъ, 1901. – 65 с.
12. Проект устройства железной дороги от Санкт-Петербурга до Москвы, составленный ст. советником Абазой, препровожденный московским военным генерал-губернатором кн. Голицыным на рассмотрение Николая I 21 марта 1838 г. Москва. Копия. // Центр. гос. архив Санкт-Петербурга (далее ЦГА СПб). Ф. 2275 Оп. 8. Д. 217. – Л. 2
13. Известие о сухопутном пароходе, устроенном в Уральских заводах в 1833 году // Горный журнал. 1835. Ч. II. Кн. V. – С. 445–448.
14. Виргинский В. С. Джордж Стефенсон. – М.: Наука, 1964. – 215 с.
15. Киселёв И. П. Скорость движения как техническая, социальная, экономическая категория / Люди дела. Вклад железнодорожников в социально-экономическое развитие России: Монография / Под ред. В. В. Фортунатова. – ГОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2007. – С. 230–267.
16. Ламе Г. Наблюдения, относящиеся к инженерному искусству – 1831: Рукопись в 4 ч. Ч.IV. – С. 5. // НТБ ПГУПС.
17. Дестрем М. Г. [подписано Генерал-майор Дестрем] Общие суждения об относительных выгодах каналов и дорог с колеями и приложение выводов к определению удобнейшего

для России способов перевозки тяжестей // Журнал путей сообщения. 1833. Кн. 21. –С. 56–64.

18. Липин Н. И. О железных дорогах. // Журнал путей сообщения. 1840. Т. III.

19. Кербедз С. В. Докладная записка о Балтийской сети железных дорог. 1856: Рукопись. /НТБ ПГУПС.

20. Кербедз С. В., Мельников П. П. Отчет о поездке Корпуса инженеров путей сообщения Подполковника Мельникова и Корпуса инженеров путей сообщения Капитана Кербедза в западноевропейские страны в 5 т.: Введение, 126 с.; Англия, Шотландия и Ирландия, 514 с. + 38 с.; Бельгия и Германия, 184 с. + 74 с. + 21 с.; Франция, 442 с. + 32 с.; Поездка в западные порты Франции, 60 с.; Атлас чертежей, собранных в путешествии по Германии, Франции, Бельгии и Англии в 1837 – 1838 годах 181 с.: Рукопись [1838].– СПб. // НТБ ПГУПС.

21. Крафт Н. О. Краткое описание железных дорог и каналов в США. 1940. Рукопись. – XXX с. // НТБ ПГУПС.

22. Мельников П. П. О железных дорогах. – СПб.: Тип. Гл. упр. путей сообщ. и публич. зданий, 1835. – 98 с.

23. Августынюк А., Гвоздев М. Первая магистраль. – Л.: Лениздат, 1951. – 600 с.

24. Мельников П. П. О железных дорогах. – СПб.: Тип. Гл. упр. путей сообщ. и публич. Зданий, 1835. – 98 с.

25. Дестрем М. Г. [подписано Генерал-майор Дестрем] Общие суждения об относительных выгодах каналов и дорог с колеями... С.8.

26. Воронин М. И., Воронина М. М., Киселев И. П. и др. П. П. Мельников – Инженер, ученый, государственный деятель. – СПб.: Гуманистика, 2003. – С. 234].

27. Воронин М. И., Воронина М. М., Киселев И. П. и др. П. П. Мельников... С. – 230.

28. История железнодорожного транспорта России... Т. 1. – С. 34.

29. Атрышков Н. Об устройении железных дорог в России. – СПб.: Тип. И. Греча, 1835 г. – 67 с.

30. Августынюк А., Гвоздев М. Первая магистраль. – Л.: Лениздат, 1951. – 66.

31. В. Ф. Одоевскому. Конец ноября – декабрь 1836 г. В Петербурге // Пушкин А. С. Собр. соч. в 10 т. Т. 10– М.: Худ. лит-ра, 1978. – С. 310.

32. История железнодорожного транспорта России... – Т. 1. – С. 28–35.

33. Чевкин К. В. Данные о первых железных дорогах в Европе и Америке // Железнодорожное дело. 1892. № 39–40].

34. Материалы по истории устройства железных дорог в России. Предложения австрийского инженера Герстнера. Ч. I, II – Л. 3 // НТБ ПГУПС.

35. Краткий исторический очерк развития и деятельности Ведомства путей сообщения... – С. 116–117.

36. Герстнер Ф. А. Первый отчет об успехах железной дороги от С.Петербурга в Царское Село и Павловск. – СПб., 1836. – С. 5.

37. Волков М. С. Курс строительного искусства. – 1842. ч. II. – С. 103–104. // НТБ ПГУПС.

38. Железная дорога от С.Петербурга до Царского Села и Павловска. – СПб., 1837. – С. 4.

39. Воронин М. И. Развитие технического состояния и скорости движения поездов на железнодорожных направлениях... Л. 42.

40. Раков В. А. Локомотивы отечественных железных дорог 1845–1955... С. 9; Шотлендер Я. В. История паровоза за сто лет.. – С. 65;

41. Сведения об устройстве железной дороги, требуемые Великобританским послом Маркизом Кланрикардом // Российский государственный исторический архив (далее РГИА). Ф. 377. Оп. 1. Д. 66. – Л. 3–4.
42. Шотлендер Я. В. История паровоза за сто лет.. – С. 64.
43. Каргин Д. И. Франц Антон Герстнер основатель наших дорог: Рукопись – Л., 1925 – 146 с. // НТБ ПГУПС; История железнодорожного транспорта России... – Т. 1. 1836–1917. – С. 38.
44. Сведения об устройстве железной дороги... // РГИА. – Л. 3.
45. Киселев И. П., Воронина М. М., Павлов В. Е. Начало создания рельсовых путей сообщения в России // Скоростной и высокоскоростной железнодорожный транспорт: В прошлом, настоящем и будущем. К 150-летию железнодорожной магистрали Санкт-Петербург – Москва. В 2 т. Т.1 – СПб.: Выбор, 2001. – С – 18.
46. Киселёв И. П. Этапы развития систем железнодорожной автоматики, телемеханики и связи и высокоскоростное движение // Промышленные АСУ и контроллеры. 2010. № 6 – С. 56–69 .
47. Сороко В. И., Кайнов В. М., Казиев Г. Д. Автоматика, телемеханика, связь и вычислительная техника на железных дорогах России.: Энциклопедия: в 2 т., Т.1. – М.: Планета, 2006 – С. 34.1.
48. Каргин Д. И. Совецательный инженер Уистлер // С.-Петербургский филиал архива Росс. академии наук. № 802. Оп. 1, Д. 212. – Л. 1.
49. Киселёв И. П., Ковалёв В. И., Воронина М. М. и др. 200 лет транспортному образованию в России... – С. 23.
50. Об учреждении в Институте Корпуса Инженеров Путей Сообщения постоянных бесед о предметах строительной части // РГИА. Ф. 207. Оп. 3. Д. 127. 1860 г. – Л. 3.

Контактная информация:

Киселев Игорь Павлович – д-р ист. наук, проф.; kiselev@pgups.ru

Author's information:

Igor P. Kiselev – D. Hist. Sci, Professor; kiselev@pgups.ru

УДК 347.214.2:656

С.В. Коланьков

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

**ОЦЕНКА АРЕНДНОЙ ПЛАТЫ ДЛЯ ОБЪЕКТОВ
НЕДВИЖИМОСТИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА**

Предложен метод обратной капитализации для оценки рыночной арендной ставки специализированных объектов недвижимости железнодорожного транспорта. Дана характеристика теоретических основ применения данного метода. Уточнена методика оценки рас-

считываемых ценообразующих показателей. Указаны источники информации для оценки сметной стоимости строительства объекта недвижимости.

Ключевые слова: Арендная плата, доходный подходы к оценке недвижимости, затратный подход к оценке недвижимости, чистый операционный доход, капитализация дохода, метод обратной капитализации, стоимость строительства.

Kolankov S.V.

Emperor Alexander I St. Petersburg state transport university, Saint Petersburg

RENTAL ESTIMATION FOR OBJECTS REAL ESTATE RAILWAY TRANSPORT

A reverse capitalization method is proposed for assessing the market rental rate of specialized real estate objects of railway transport. The characteristic of the theoretical foundations of the application of this method is given. Clarified the methodology for assessing calculated pricing indicators. Sources of information for assessing the estimated cost of building a property are indicated.

Keywords: Rent, income approach for appraisal of real estate, cost approach for appraisal of real estate, net operating income, capitalization of income, return capitalization method, construction cost.

Опыт оценочной деятельности показывает, что при оценке арендной платы независимые оценщики используют сравнительный подход [1], что является обоснованным и дает наиболее объективный результат. Однако в отношении специализированных объектов недвижимости железнодорожного транспорта применить сравнительный подход в большинстве случаев не представляется возможным из-за отсутствия в рыночном обороте аналогичных объектов. Поэтому актуальной является разработка метода оценки рыночной арендной платы для объектов недвижимости железнодорожного транспорта, аналоги которых отсутствуют в рыночном обороте. Подобная методика будет востребована не только при оценке величины арендной платы, что необходимо для обеспечения сделок с объектами на рынке, но и управлении проектами создания высокоскоростных железнодорожных магистралей [2].

Известно, что одним из методов доходного подхода является метод прямой капитализации, при использовании которого рыночная стоимость недвижимости (C) определяется как:

$$C = \frac{ЧОД}{E}, \quad (1)$$

где $ЧОД$ – чистый операционный доход, руб./год (в англ. терминологии – NPV, net present value),

E – ставка дисконта, 1/год (% годовых).

Следовательно, величину чистого операционного дохода (годовой величины чистой арендной платы) можно определить следующим образом:

$$\text{ЧОД} = C \times E \quad (2)$$

Поскольку деление ЧОД на E называется прямой капитализацией, то обратное действие можно назвать обратной капитализацией.

Особенностью оценочной деятельности в отношении специализированных объектов железнодорожного транспорта (во многих случаях - из-за запрета на приватизацию) является отсутствие рынка аналогичной недвижимости. Поэтому величину C для специализированных железнодорожных объектов недвижимости сравнительным подходом установить не представляется возможным и ее оценку целесообразно осуществлять затратным подходом. В рамках затратного подхода возможно применение двух методов: затратного метода и метода дисконтирования сметной стоимости [3]. В настоящей статье рассмотрим применение затратного метода оценки рыночной стоимости недвижимости.

Как известно, это единственный метод, при применении которого осуществляется раздельное определение рыночной стоимости строения (сооружения) и земельного участка. Другими словами, величина чистой арендной платы складывается из ее части, которую генерирует строение ($\text{ЧОД}_{\text{стр}}$) и части, которую генерирует земельный участок ($\text{ЧОД}_{\text{зу}}$):

$$\text{ЧОД} = \text{ЧОД}_{\text{стр}} + \text{ЧОД}_{\text{зу}} \quad (3)$$

Поэтому формулу (2) необходимо записать как

$$\text{ЧОД} = C_{\text{стр}} \times E_{\text{ул}} + C_{\text{зу}} \times E_{\text{зу}}, \quad (4)$$

где $C_{\text{стр}}$ – рыночная стоимость строения, руб.;

$C_{\text{зу}}$ – рыночная стоимость земельного участка, руб.;

$E_{\text{ул}}$ и $E_{\text{зу}}$ – соответственно, норма дисконта для улучшений (строения) и земельного участка, процент годовых.

Можно отметить, что применение метода обратной капитализации требует использования двух ставок дисконта. Это не является чем-то исключительным, так как подобное разделение ставок дисконта используется в методе остатка. Здесь необходимо контролировать соотношение этих ставок, так как из теории известно, что должно выполняться следующее неравенство: $E_{\text{ул}} > E_{\text{зу}}$. Кроме того, можно определить и соотношение данных ставок дисконта и общей ставки дисконта, используемой для расчета в формуле (2): $E_{\text{ул}} > E > E_{\text{зу}}$. Вообще говоря, оценка нормы дисконта является одним из наиболее спорных моментов в оценочной деятельности и не обеспечено каким-либо удовлетворительным алгоритмом расчета. Если в отношении недвижимости, аналоги которой находятся в рыночном обороте, можно применить сравнительный подход для оценки нормы дисконта или опереться на обоснованное мнение профессиональных участников рынка, то в отношении специализированной железнодорожной недвижимости такая возможность отсутствует. В этом слу-

чае оценщик может воспользоваться методом граничных оценок, суть которого заключается в определении наиболее вероятных минимальной и максимальной величины нормы дисконта. В этом случае расчет ЧОД по формуле (4) выполняется дважды: при E_{\min} и E_{\max} , с последующим согласованием результата оценки.

Кроме того следует иметь в виду следующее. Ставка арендной платы, которая указывается в договоре, является потенциальным валовым доходом (ПВД, в англ. терминологии – PGI, potential gross income), что требует соответствующего увеличения ЧОД, определенного по выражению (2), исходя из алгебраического преобразования известной формулы:

$$\text{ЧОД} = \text{ДВД} - \text{ОР} - P_{\text{уп}} - H_{\text{н}} - P_{\text{ст}} - P_{\text{зам}}, \quad (5)$$

где ДВД – величина действительного валового дохода (годовой арендной платы с учетом величины недозагрузки, потерь от неплатежей и прочих доходов), руб./год;

ОР – величина операционных расходов, руб./год;

$P_{\text{уп}}$ – расходы на управление собственностью, руб./год;

$H_{\text{н}}$ – налоги на недвижимость (земельный и на имущество), руб./год;

$P_{\text{ст}}$ – расходы на страхование недвижимости, руб./год;

$P_{\text{зам}}$ – величина резерва на замещение быстроизнашивающихся элементов строения, руб./год.

В свою очередь ДВД определяется как:

$$\text{ДВД} = \text{ПВД} - \text{П}_{\text{нд}} - \text{П}_{\text{нпл}} + \text{Д}_{\text{проч}}, \quad (6)$$

где ДВД – величина действительного валового дохода, руб./год;

$\text{П}_{\text{нд}}$ – потери от недозагрузки недвижимости, руб./год;

$\text{П}_{\text{нпл}}$ – потери от неплатежей, руб./год;

$\text{Д}_{\text{проч}}$ – величина прочих доходов, которые может получить собственник объекта в результате обладания недвижимостью, руб./год.

Величина ПВД определяется в результате алгебраического преобразования выражений (5) и (6).

Методические рекомендации по оценке элементов выражений (5) и (6) достаточно хорошо известны [3].

Дополнительно необходимо уточнить следующее:

1. В результате выполненного по формулам (5) и (6) расчета величина ПВД будет определена без НДС,

2. В расчетах должны быть приведены пояснения о составе ОР - учтены ли расходы на уплату коммунальных платежей. Если по условиям договора обязанность оплаты коммунальных услуг (КУ) возлагается на арендатора, то величина ОР должна быть определена без КУ. В случае если обязанность оплаты коммунальных услуг (КУ) возлагается на арендодателя, то величина ОР должна включать КУ,

3. Следует обратить внимание, что меняются базы расчета слагаемых формул (5) и (6) по сравнению с традиционной методикой оценки ЧОД. Если элементы указанных формул при расчете ЧОД определяются в процентах, то они рассчитываются от ПВД или ДВД. При использовании метода обратной капитализации эти параметры будут рассчитываться, соответственно, от ЧОД и ДВД, что потребует корректировки рыночных нормативов [4].

Как следует из выражения (4), при оценке величины ЧОД необходимо последовательно определить значения $C_{стр}$, $C_{зу}$, и двух норм дисконта – $E_{ул}$ и $E_{зу}$.

Рыночная стоимость строения определяется как:

$$C_{стр} = C_{зи} - I + C_{зу} + P_{пр}, \quad (7)$$

где $C_{зи}$ – стоимость затрат инвестора, руб.

При этом величина затрат инвестора определяется по формуле:

$$C_{зи} = C_{см} + KI, \quad (8)$$

$C_{см}$ – сметная стоимость строительства объекта, учитывающая элементы строения, являющиеся неотъемлемой частью недвижимости, руб.;

KI – величина косвенных издержек инвестора, руб.;

I – величина накопленного строением износа, с учетом функционального ($I_{функц}$) и внешнего устареваний ($I_{вн}$):

$$I = I_{физ} + I_{функц} + I_{вн}, \quad (9)$$

$C_{зу}$ – рыночная стоимость земельного участка, в качестве которой, в отношении специализированных объектов железнодорожного транспорта, можно принимать значение кадастровой стоимости земли;

$P_{пр}$ – величина предпринимательской прибыли, руб.

Следует иметь в виду, что если в отношении земельного участка можно использовать значение его кадастровой стоимости (следует только выполнить анализ возможного изменения рыночной стоимости земли от даты последней оценки кадастровой стоимости), то в отношении строения применять кадастровую стоимость нельзя. Дело в том, что кадастровая стоимость строения определяется на основании укрупненных расценок сметной стоимости, которая существенно отличается от величины рыночной стоимости (см. выражения (7) и (8)).

Поскольку на момент оценки рыночной арендной платы номенклатура и физические объемы работ по строительству объекта, как правило, в распоряжение оценщика не предоставляются, значение $C_{см}$ необходимо определять по укрупненным показателям, состав которых достаточно разнообразен [5-11]: укрупненные показатели восстановительной стоимости (УПВС-1969), укрупненные показатели сметной стоимости (УПСС-1969 и современные сборники КО-ИНВЕСТ), укрупненные показатели базисной стоимости на виды работ (УПБС ВР-1991), показатели стоимости на виды работ (ПВР-1991), укрупненные показатели базисной стоимости 2001 г. (УПБС-2001), укрупненные расценки (УР-2000), прейскуранты на строительство зданий и соору-

жений (ПРЗС-1984 и в ценах 2000 г.), укрупненные нормативы цены строительства (НЦС 81-02-07-2020), удельные показатели стоимости строительства в текущих ценах (УдПС в текущих ценах).

Указанные укрупненные показатели разработаны в различной базе цен (1969, 1991, 2000 гг. и на 1 января текущего или предшествующего года) и различаются составом сметной стоимости (некоторые из них учитывают только прямые затраты на строительство зданий и сооружений). Поэтому требуется различная индексация укрупненных показателей в текущий уровень цен (на дату оценки) [3], а в случае применения сборников, учитывающих только прямые затраты на строительство – выполнения расчетов по определению сметной стоимости строительства, соответствующей уровню сводного сметного расчета.

Следует уточнить, что все укрупненные показатели разработаны без учета НДС, в то время как оценка $C_{см}$ в формуле (7) должна быть определена с учетом НДС.

Обращает внимание существенное устаревание ряда укрупненных показателей, разработанных в базе цен 1969 и 1991 гг. Следует сказать, что целесообразно использовать при оценке $C_{см}$ более современные сборники (в базе цен 2000 г. или в текущем уровне цен). Однако если их применение чем-либо ограничено (в частности, доступностью), то можно применять укрупненные показатели, разработанные в базе цен 1969 и 1991 гг. Это объясняется следующим:

1. Если оцениваются объекты, возведенные в 1960-1980 гг., то данные сборники адекватно оценивают сметную стоимость строительства объектов, возведенных по устаревшим в настоящее время технологиям. В этом случае будет определена т.н. стоимость восстановления объекта оценки;

2. При оценке объектов, построенных в довоенный период или с 1990-х годов и позднее, применение укрупненных показателей, разработанных в ценах 1969 г., может рассматриваться как вынужденная мера, в случае отсутствия иных источников информации. В этом случае следует говорить об определении стоимости замещения объекта оценки;

3. Как показано в работе [12], можно учесть накладные расходы, сметную прибыль и лимитированные затраты в размере и по методике, действующим на дату оценки недвижимости с помощью специального индекса. В среднем данная счетная операция приводит к увеличению сметной стоимости строительства объекта на 9-11%. Данное увеличение обосновано А.С. Забродиной с учетом страховых взносов на заработную плату в размере 30% и страхового тарифа от несчастных случаев в размере 1%, входящих в состав современной нормы накладных расходов. При этом нормы накладных расходов, сметной прибыли, лимитированных затрат и страховых тарифов от несчастных случаев в настоящее время дифференцированы, чем и объясняется указанный интервал значений данного коэффициента.

Остальные элементы формулы (7) определяются традиционным для оценки рыночной стоимости недвижимости способом.

Метод обратной капитализации является по существу результатом комплексного применения двух подходов – доходного и затратного. В целях существующей классификации подходов [1, 13] целесообразно его относить в состав доходного подхода, т.к. он базируется на основной формуле метода прямой капитализации. Затратный подход носит вспомогательный характер и используется для определения отдельных ценообразующих показателей, используемых при выполнении расчетов.

Как и вся теория оценки рыночной стоимости недвижимости метод обратной капитализации применяется при условии некоторых предположений и допущений, поскольку обычно нет или недостаточно информации для точного определения ряда ценообразующих показателей, принимаемых в расчет. В частности, зачастую выдвигается предположение о норме предпринимательской прибыли, ставках дисконта (для использования в формуле (2) и для расчета резерва на замещение), нормах недозагрузки и неплатежей и ряда других. Однако данные предположения должны быть обоснованы с использованием рыночных аналогий, сложившихся пропорций функционирования рынка, мнений экспертов, а не быть результатом фантазий оценщика. Всегда следует помнить о главном правиле оценочной деятельности – результат оценки недвижимости является не просто профессиональным мнением оценщика, а мнением обоснованным, для чего обязательно должны быть указаны источники информации и выполнен ее анализ и интерпретация.

Список литературы

1. Приказ Минэкономразвития РФ от 20 июля 2007 г. № 256 «Об утверждении федерального стандарта оценки "Общие понятия оценки, подходы к оценке и требования к проведению оценки (ФСО № 1)».
2. Кабанов А.В., Колос А.Ф., Шкурников С.В., Котлов А.Ю. Разработка методологии управления проектами создания высокоскоростных магистралей. В сборнике: Актуальные проблемы развития транспортной инфраструктуры. Сборник научных трудов, 2018, с. 161-170.
3. Коланьков С.В. Оценка и управление недвижимостью: учеб. пособие. – М.: ФГБУ ДПО «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2018. – 746 с.
4. Коланьков С.В. Оценка арендной ставки объектов недвижимости железнодорожного транспорта. Известия ПГУПС, 2014, № 2, с. 134-139.
5. Сборники укрупненных показателей восстановительной стоимости зданий и сооружений различных отраслей народного хозяйства для переоценки основных фондов (УПВС), М. Госстрой СССР: 1970.
6. УПВС-2001. Справочник инженера-сметчика и оценщика объектов недвижимости. Под общей редакцией П.В. Горячкина и В.С. Башкатова, 2-е издание, переработанное и дополненное, СПб, - 2009 г.
7. УПСС. Укрупненные показатели стоимости строительства на пролетные строения железнодорожных мостов. СПб.: ЗАО «ИНИК», 2007. – 20 с.

8. Сборник укрупненных показателей стоимости строительства (УПСС) по субъектам Российской Федерации. М. ФЦС. Электронная справочная система “Консультант Плюс”.

9. Территориальные укрупненные расценки на конструкции и виды работ жилищно-гражданского строительства, г. Санкт-Петербург. УР-2001 СПб/Администрация Санкт-Петербурга, СПб, 2011. – 180 с.

10. СНиП IV-15-83. Строительные нормы и правила. М.: Стройиздат, 1984. Приложение. Прейскуранты на строительство зданий и сооружений общесоюзного применения.

11. Приказ Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 30.12.2019 № 917/пр «Об утверждении укрупненных нормативов цены строительства» (НЦС 81-02-07-2020. Сборник № 07. Железные дороги).

12. Забродина А.С. Определение комплексного индекса изменения сметной стоимости строительства // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. – 2011. - № 5 (132). – с. 82-85.

13. Приказ Минэкономразвития РФ 25.09.2014 № 611 «Оценка недвижимости (ФСО № 7)».

Контактная информация:

Коланьков Сергей Вячеславович– д-р экон. наук, проф.; kolankov@pgups.ru

Author’s information:

Sergey V. Kolankov – D. Econ. Sci, Professor; kolankov@pgups.ru

УДК 656.2

Стоянович Г.М. Пупатенко В.В., Гильмутдинов С.А.

Дальневосточный государственный университет путей сообщения, г.Хабаровск

**ОЦЕНКА СФЕРЫ ПРИМЕНЕНИЯ ОДНОСЕКЦИОННОГО
ЭЛЕКТРОВОЗА Э5К НА ДАЛЬНЕВОСТОЧНОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГЕ**

Эксплуатация односекционного электровоза Э5К в регионах Дальневосточной железной дороги существенно ограничена. Сфера применения данного электровоза зависит от фактической годовой амплитуды температур рельсов, скорости движения, величины радиусов кривых и от температуры закрепления плетей. Без дополнительных технических решений в кривых малого, среднего и иногда большого радиуса бесстыковой путь температурно-напряженного типа эксплуатировать нельзя.

Ключевые слова: допускаемое охлаждение, расчетный интервал закрепления бесстыковых плетей, оптимальный интервал закрепления бесстыковых плетей, критический радиус, скорость движения, температура рельса

Stoyanovich G.M., Pupatenko V.V., Gilmutdinov S.A.

Far Eastern State Transport University, Khabarovsk

EVALUATION OF THE APPLICATION FIELD OF THE SINGLE SECTION ELECTRIC LOCOMOTIVE E5K ON THE FAR EASTERN RAILWAY

The operation of the single-section electric locomotive E5K is significantly limited in the regions of the Far Eastern Railway. Application field of this electric locomotive depends on an annual rail temperature amplitude, a speed of movement, a radius of the curves and on a fastening temperature of the continuous welded rail. It is impossible to operate a temperature-stressed type of continuous welded rail without additional technical solutions in curves of small, medium and sometimes large radius.

Keywords: allowable cooling, design temperature range for fastening continuous welded rail, optimal temperature range for fastening continuous welded rail, critical radius, speed of movement, rail temperature

Эксплуатация современного односекционного электровоза Э5К на Дальневосточной железной дороге требует оценки его условий эксплуатации на бесстыковом пути. Согласно ПТР для поездной работы [1] учетная масса и осевая нагрузка электровозов этой серии составляет: 2ЭС5К – 192 тс (24 т/ось); 3ЭС5К – 302 тс (25,167 т/ось); Э5К – 102 тс (25,5 т/ось).

Повышенная на 6,25 % осевая нагрузка у электровоза Э5К по сравнению с 2ЭС5К и, по-видимому, неподрессорная масса, приходящаяся на колесо, вызывает существенное повышение изгибных напряжений в подошве рельсов и соответственно уменьшение допускаемого по прочности рельсов охлаждения Δt_p .

Зависимость Δt_p в кривых различного радиуса при проходе электровозов ВЛ-80 и Э5К со скоростью 60 и 90 км/ч [2] приведено на рисунке 1.

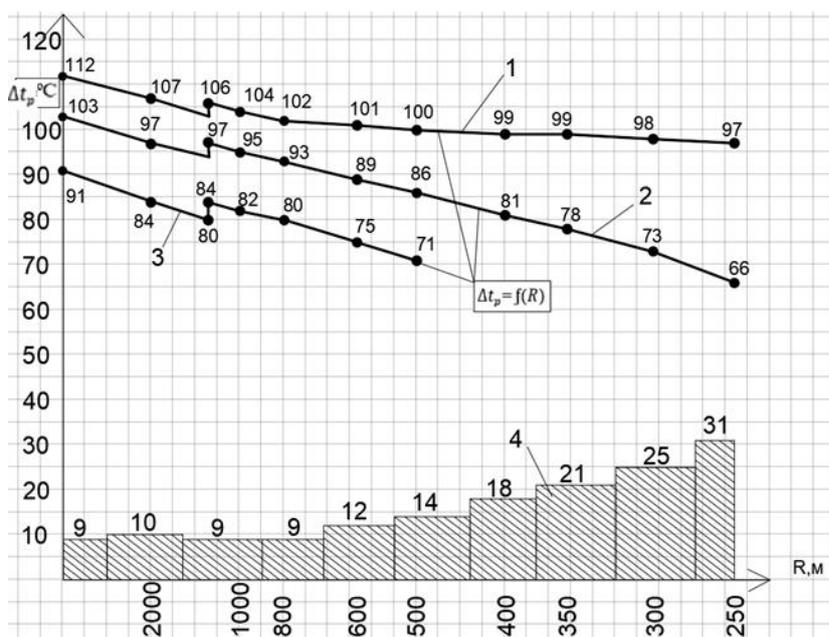


Рис. 1. Зависимость допускаемого охлаждения рельсов от радиуса кривой при проходе электровоза: 1-ВЛ-80, $V=60$ км/ч; 2-Э5К, $V=60$ км/ч; 3-Э5К, $V=90$ км/ч; 4-диаграмма уменьшения при проходе Э5К по сравнению с ВЛ-80 при $V=60$ км/ч.

Такое падение Δt_p значительно уменьшает зону укладки и содержания бесстыкового пути в кривых участках пути. Для анализа этой ситуации на рисунке 2 построены графики изменения расчетного интервала закрепления бесстыковых плетей с граничными максимальными и минимальными t_3 температурами при скорости движения локомотива Э5К 60,70,80 и 90 км/ч. Граничные температуры расчетного интервала закрепления бесстыковых плетей ($\min t_3$, $\max t_3$), которые рассчитаны по данным инструкции [2].

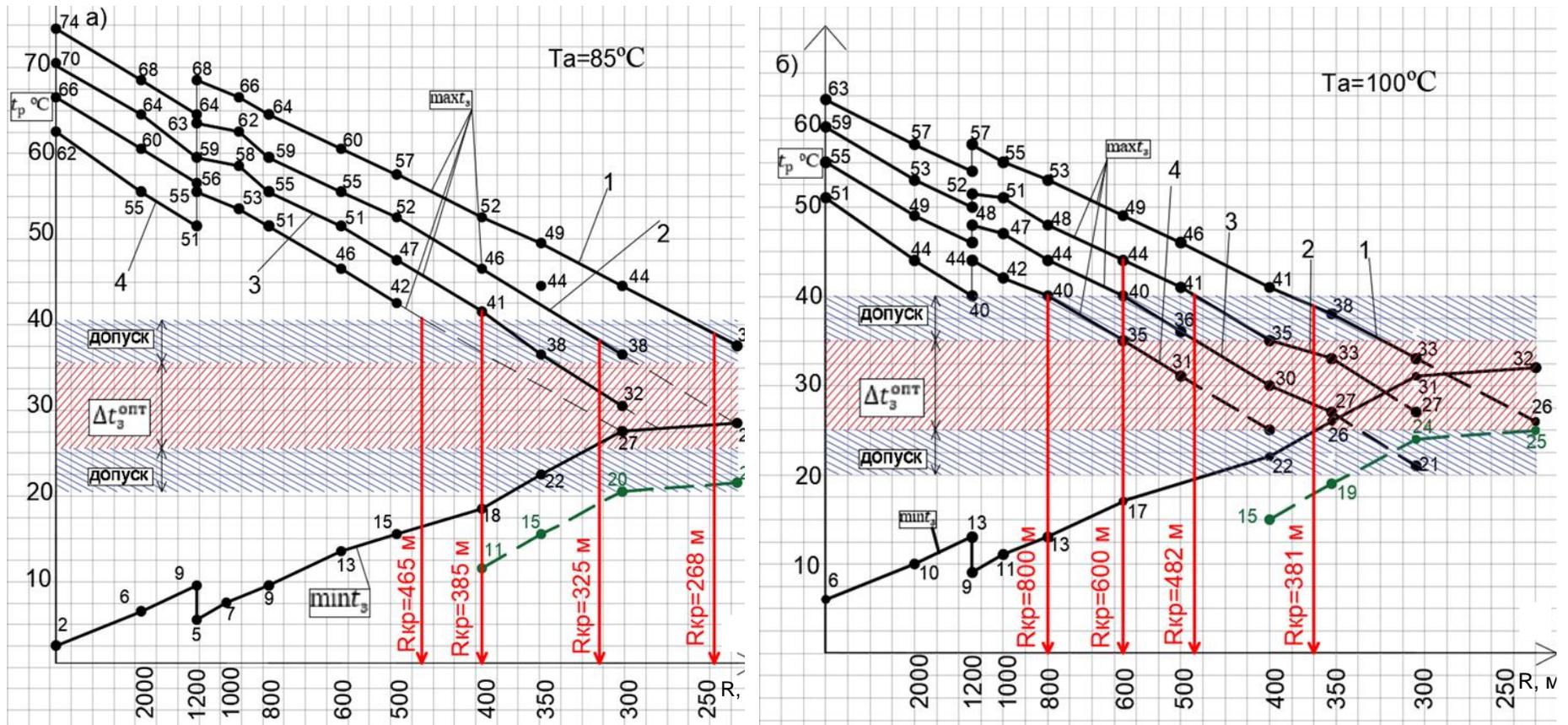


Рис.2. Сопоставление расчетного и оптимального интервалов температур закрепления бесстыковых плетей при проходе электровоза ЭЖ при T_A : а - 85°C ; б - 100°C ; со скоростью: 1 - 60 км/ч; 2 - 70 км/ч; 3 - 80 км/ч; 4 - 90 км/ч;

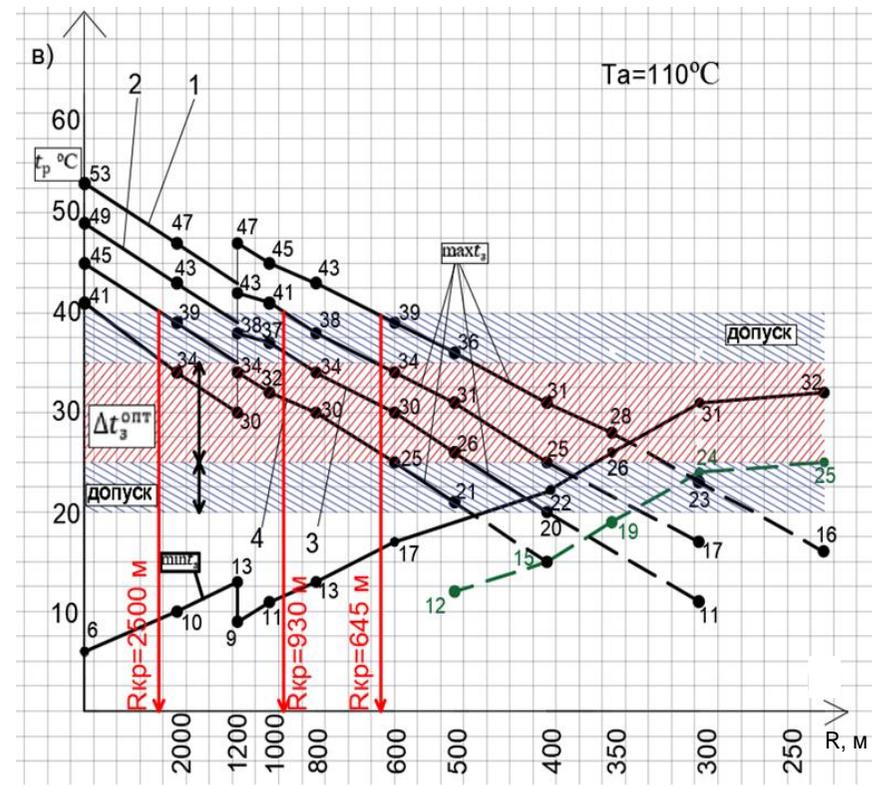
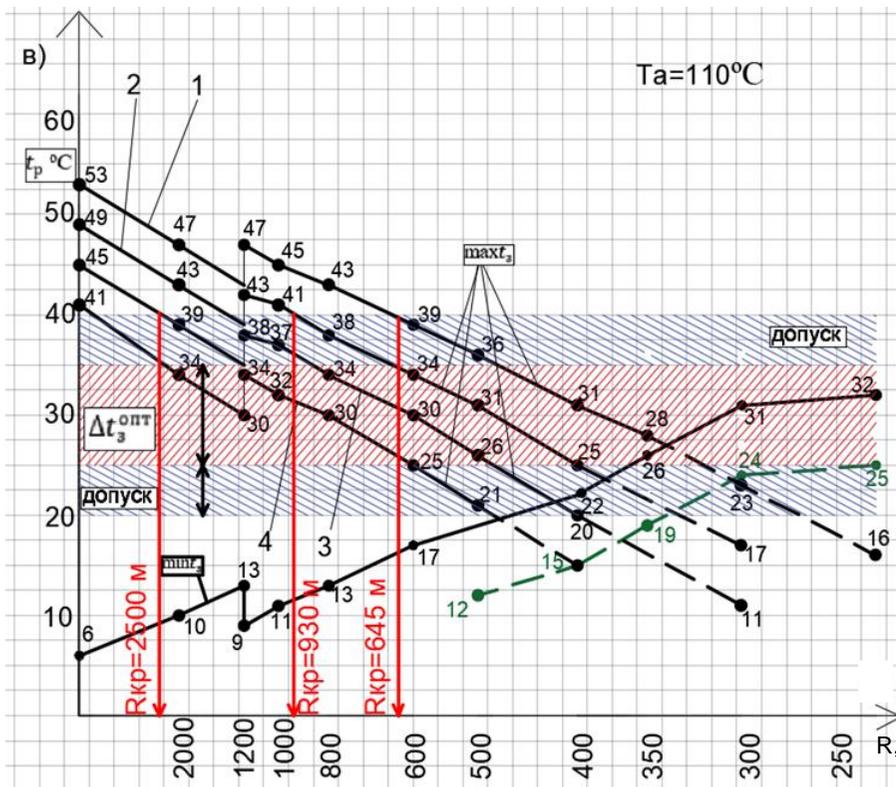


Рисунок 2. Сопоставление расчетного и оптимального интервалов температур закрепления бесстыковых плетей при проходе электропровода Э5К при T_A : в - 110°C ; г - 118°C ; со скоростью: 1 - 60 км/ч; 2 - 70 км/ч; 3 - 80 км/ч; 4 - 90 км/ч;

На данных графиках оптимальный интервал закрепления бесстыковых плетей показан по требованиям действующей инструкции [2] величиной плюс $30\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ и допуск $\pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$, то есть интервал от плюс $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ до плюс $40\text{ }^{\circ}\text{C}$. Графики построены в прямоугольной системе координат: по вертикальной оси отложена температура рельса t_p в градусах Цельсия, по горизонтальной – план пути в виде радиусов круговых кривых от бесконечности (прямая) до минимального для укладки бесстыкового пути 250 метров. Сопоставление расчетного и оптимального интервалов температур закрепления рельсовых плетей на постоянный режим эксплуатации выполнено при четырех амплитудах годовых перепадов температур рельсов T_A величиной $85\text{ }^{\circ}\text{C}$ (рисунок 2, а), $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ (рисунок 2, б), $110\text{ }^{\circ}\text{C}$ (рисунок 2, в), $118\text{ }^{\circ}\text{C}$ (рисунок 2, г).

Данные рисунка 2 наглядно показывают ряд положений. Во-первых, с повышением величины T_A от минимальной величины $85\text{ }^{\circ}\text{C}$ до максимальной $118\text{ }^{\circ}\text{C}$ для Дальневосточной железной дороги значительно снижает расчетный интервал закрепления плетей Δt_3^{pac} до нуля. Зависимость критического радиуса кривых $R_{\text{кр}}$ при $\Delta t_3^{\text{pac}}=0$ менее которых нельзя укладывать бесстыковой путь, приведена на рисунке 3.

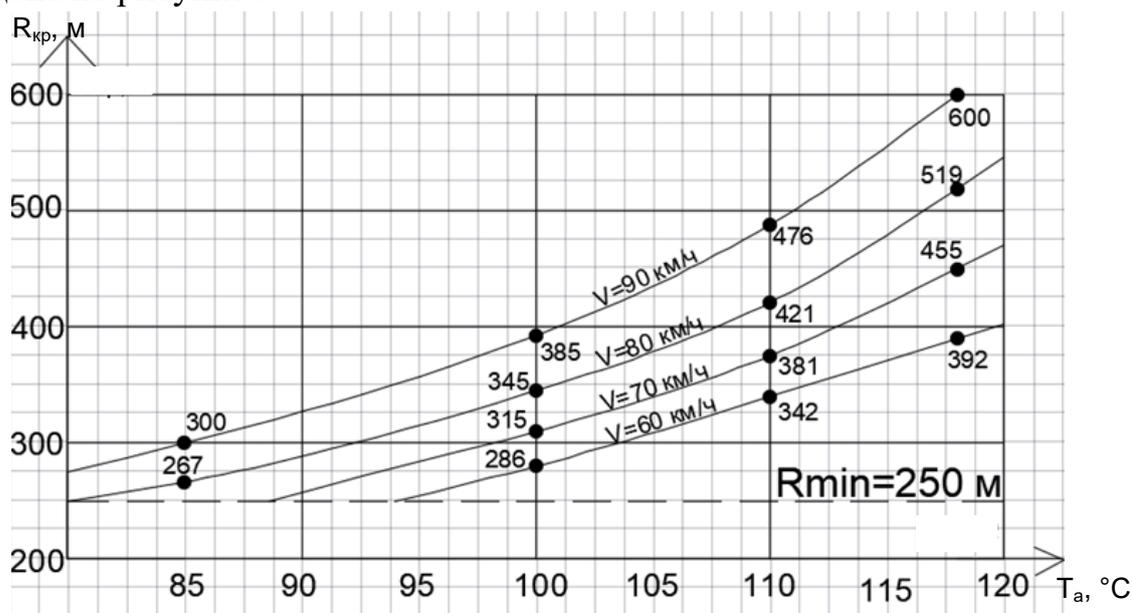


Рис. 3. Зависимость критического радиуса кривых при $\Delta t_3^{\text{pac}}=0$ от годового перепада температур рельсов при проходе электровоза Э5К со скоростью 60-90 км/ч

Если при $T_A=85\text{ }^{\circ}\text{C}$ критические радиусы равны 267 и 300 метров при скорости движения электровоза Э5К соответственно 80 и 90 км/ч, то при $T_A=110\text{ }^{\circ}\text{C}$ $R_{\text{кр}}$ находятся в пределах от 342 до 476 метров при скорости от 60 до 90 км/ч.

Во-вторых, чем при более высокой разрешенной инструкцией [2] температуре закрепления бесстыковые плети, тем с меньшей скоростью и в ограниченном диапазоне радиусов кривых можно укладывать и

эксплуатировать бесстковой путь температурно-напряженного типа. Критические радиусы для укладки рельсовых плетей определены по данным пересечении границы m и линии с температурой закрепления $t_{зак}$ (превышение допускаемого охлаждения рельса по прочности) или границы $\min t_{зак}$ с $t_{зак}$ (превышение допускаемого нагрева рельсов по устойчивости пути). Так по рисунку 2а $R_{кр}=268,325,385,465$ метров при скорости движения 60,70,80,90 км/ч по прочности рельса при $t_{зак} = +40$ °С и $R_{кр} =294$ метра по устойчивости пути на выброс при $t_{зак} = +20$ °С.

Величины критических радиусов в кривых в диапазоне температур закрепления плетей от плюс 40 °С до плюс 20 °С при годовом перепаде температур рельсов от 85 °С до 118 °С сведены в таблице 1.

Таблица 1 – Критические радиусы кривых $R_{кр}$ в метрах для укладки плетей бесстыкового пути

$t_{зак}, ^\circ\text{C}$	V, км/ч	$T_A, ^\circ\text{C}$			
		85	100	110	118
+40	60	268	381	645	2353
	70	325	482	930	13333(∞)
	80	385	600	2500	Движение запрещено
	90	465	800	∞	Движение запрещено
+35	60	без огранич	317	482	800
	70	292	392	645	2000
	80	328	476	930	6667(∞)
	90	388	606	2222	Движение запрещено
+30	60	без огранич	308*/ без огранич	385	563
	70	без огранич	325	494	769
	80	без огранич	400	625	1081
	90	315*/ без огранич	488	833	5000
+25	60	без огранич	360*/ без огранич	325*/250 **	440
	70	без огранич	360*/286 **	400	563
	80	без огранич	360*/333 **	488	727
	90	315*/ без огранич	408	606	1739
+20	60	При любой скорости 454*/310**	При любой скорости 465*/340**	349*/308 **	392*/357 **
	70			377*/339 **	455
	80			421*/400 **	556
	90			476*/400 **	727

Примечание-критический радиус кривой по устойчивости пути на выброс:

*- в обычных условиях

** - при укладке новой эпюры шпал и омоноличивании плеча и откоса балластной призмы

Данные таблицы 1 показывают существенное ограничение зон по плану линий для укладки и содержания бесстыкового пути. При $T_A=118\text{ }^\circ\text{C}$ и $t_{\text{зак}} = +40\text{ }^\circ\text{C}$ со скоростью 60 км/ч локомотиву Э5К можно двигаться только на прямых и кривых радиусом до 2353 метров (стандартный радиус 4000 метров), со скоростью 70 км/ч – только на прямых, со скоростью 80 и 90 км/ч – двигаться нельзя.

Зависимость $R_{\text{кр}}$ от годового перепада температур T_A при $t_{\text{зак}} = +40\text{ }^\circ\text{C}$ приведена на рисунке 4.

Резкое увеличение $R_{\text{кр}}$ наблюдается при скорости движения 90 км/ч при любой величины T_A . При $T_A=103\text{ }^\circ\text{C}$ в г.Хабаровске согласно рисунка 4 получены следующие результаты. Изменение скорости движения от 60 до 90 км/ч дает соответственно увеличение критических радиусов величиной 425,555,769,1176 метров. Таким образом, по данным рисунка 4 можно получить $R_{\text{кр}}$ при любой реальной величине T_A и скорости движения.

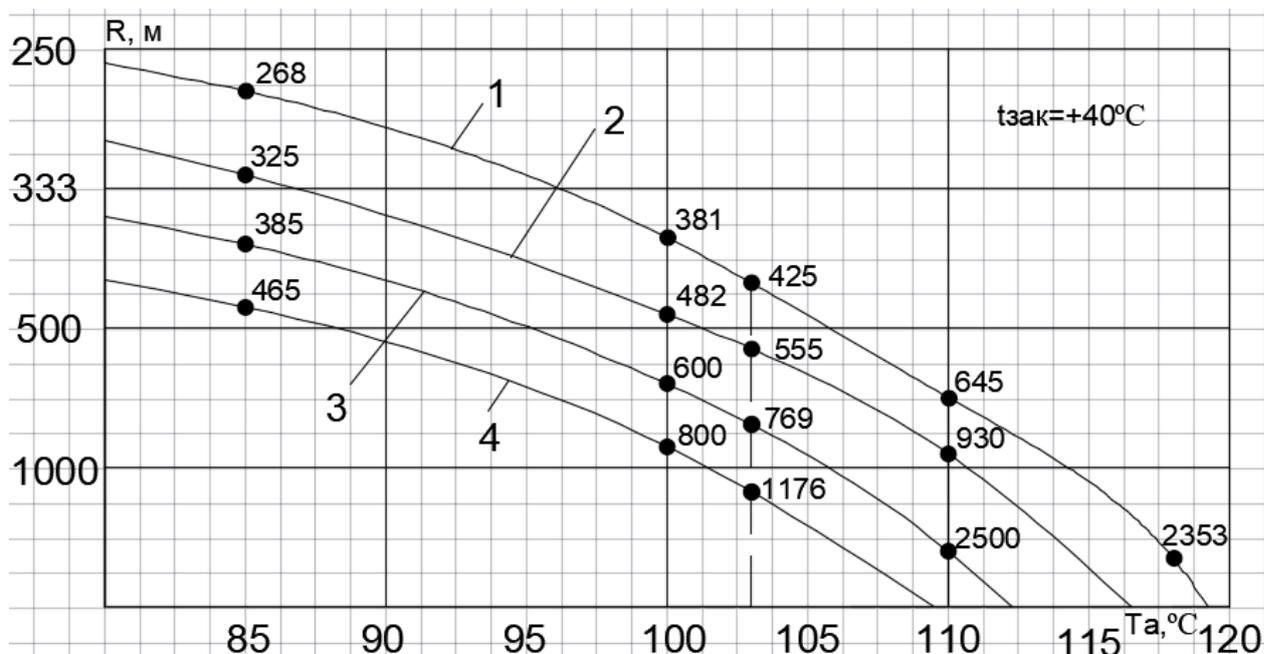


Рис. 4. Зависимость критического радиуса от годового перепада температур рельсов при проходе электровоза Э5К со скоростью: 1- $V=60$ км/ч; 2- $V=70$ км/ч; 3- $V=80$ км/ч; 4- $V=90$ км/ч

Представляет определенный практический интерес зависимость критического радиуса от скорости движения рассматриваемого электровоза при $t_{\text{зак}}$ равной плюс $40\text{ }^\circ\text{C}$ при различном годовом перепада температур рельсов T_A (рис. 5). При вертикальном сечении данной зависимости, например для $R_{\text{кр}}=400$ метров соответствует следующие сочетания T_A и V : $105\text{ }^\circ\text{C}$ при 53 км/ч; $100\text{ }^\circ\text{C}$ при 62 км/ч; $92\text{ }^\circ\text{C}$ при 72 км/ч и $85\text{ }^\circ\text{C}$ при 81 км/ч. При горизонтальном сечении при скорости равной 85 км/ч получены следующие сочетания $R_{\text{кр}}$ и T_A : 4444 м при $110\text{ }^\circ\text{C}$; 1176 м при $105\text{ }^\circ\text{C}$; 702 м при $100\text{ }^\circ\text{C}$; 533 при $92\text{ }^\circ\text{C}$ и 430 м при

85 °С. Между этими результатами можно получать более детальные отсчеты при любом значении $V, T_A, R_{кр}$.

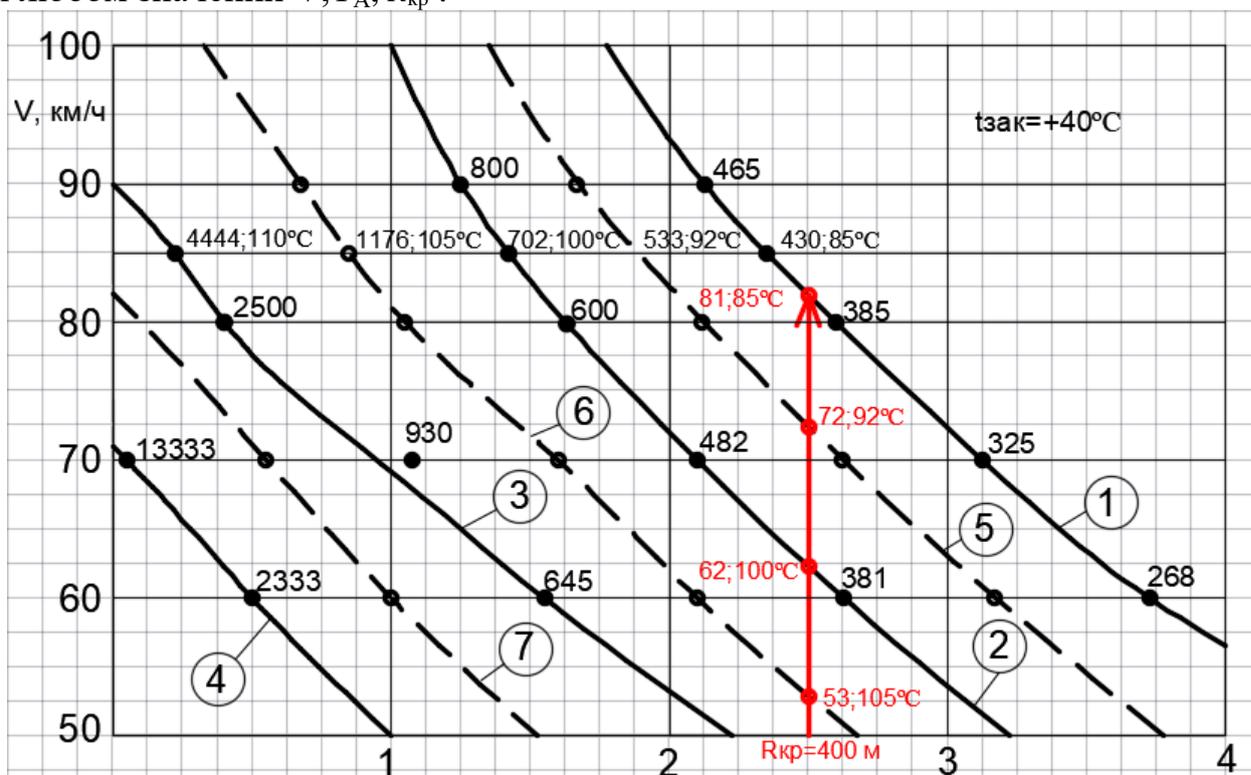


Рис. 5. Зависимость критического радиуса от скорости движения электровоза Э5К при годовом перепаде температур рельсов T_A : 1- 85 °С; 2-100 °С; 3- 110 °С ;4- 118 °С; 5-92 °С ;6- 105 °С ;7-114 °С

Обобщенные данные по $R_{кр}$ в зависимости от температуры закрепления плетей $t_{зак}$ и скорости движения при $T_A=110$ °С показаны на рисунке 6. Полученные линейные зависимости дают сферу применения электровоза Э5К. Так при $t_{зак}$ равной плюс 40 °С он может эксплуатироваться со скоростью 90 км/ч только на прямых участках пути, с $V=80$ км/ч – на прямых и кривых радиусом до 2500 метров, с $V=70$ км/ч – на прямых и кривых радиусом до 930 метров, с $V=60$ км/ч – на прямых и кривых до 645 метров. Сфера применения данного электровоза существенно расширяется при снижении температуры закрепления.

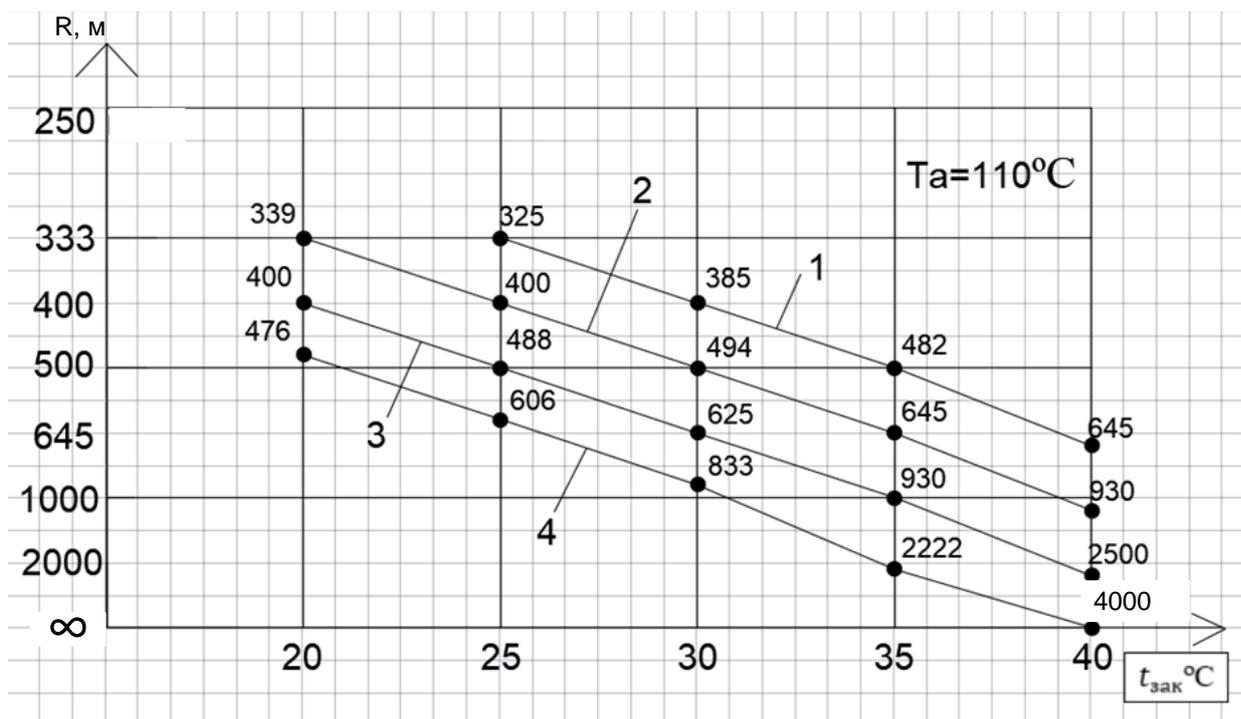


Рис.6. Зависимость критического радиуса кривой от температуры закрепления при скорости движения: 1-60 км/ч; 2-70 км/ч; 3-80 км/ч; 4-90 км/ч

Например, закрепление бесстыковых плетей при температуре $+25^{\circ}\text{C}$ увеличивает сферу применения данного электровоза при $V=60$ км/ч до 325 м (в два раза), при $V=70$ км/ч до 400 м (в 2,3 раза), при $V=80$ км/ч до 488 м (в 5,1 раза), при $V=90$ км/ч до 606 м (в 6,6 раз).

Список литературы

1. Правила тяговых расчетов для поездной работы. ОАО «РЖД», ОАО «НИИЖД». – М. : Утверждены распоряжением ОАО «РЖД» 12.05.2018г. №867р.
2. Инструкция по устройству, укладке, содержанию и ремонту бесстыкового пути/ ОАО «РЖД».М., 2016.-176 с.

Контактная информация:

Стоянович Геннадий Михайлович – д-р тех. наук, проф.; gm_sto@mail.ru
 Пупатенко Виктор Викторович – канд. тех. наук, доц.; khv_pvv@mail.ru
 Гильмутдинов Станислав Алексеевич – ст. преподаватель; gilmutdinov.stas@yandex.ru

Author's information:

Gennady M. Stoyanovich – D. Eng. Sci, Professor; gm_sto@mail.ru
 Victor V. Pupatenko – PhD Eng. Sci, Associate Professor; khv_pvv@mail.ru
 Stanislav A. Gilmutdinov – Senior Lecturer; gilmutdinov.stas@yandex.ru

Дудкин Е.П., Н.Н. Султанов

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

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИЙ ТРАМВАЙНЫХ ПУТЕЙ.

В работе выполнен анализ применяемых в Российской Федерации и зарубежных странах конструкций трамвайных путей и разработаны направления совершенствования их по снижению эксплуатационных расходов, повышению комфорта и безопасности движения. Выполнены прочностные и технико-экономические расчеты. Проведенные исследования позволили разработать классификацию конструкций трамвайных путей, альбом типовых конструкций и технологии ремонта, строительства и эксплуатации трамвайных путей.

Ключевые слова: трамвайный путь, классификация и альбом типовых конструкций, жизненный цикл конструкции трамвайного пути, технологии ремонта и строительства.

Dudkin E.P., Sultanov N.N.

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

IMPROVEMENT OF TRAMWAY STRUCTURES

The paper analyzes the tramway structures used in the Russian Federation and foreign countries and develops ways to improve them to reduce operating costs, increase comfort and traffic safety. Strength and technical and economic calculations were performed. The conducted research allowed us to develop a classification of tramway structures, an album of standard structures and technologies for the repair, construction and operation of tramways.

Keywords: tramway, classification and album of standard structures, the life cycle of the tramway structure, repair and construction technologies.

Научно – образовательный центр «Промышленный и городской транспорт» кафедры «Строительство дорог транспортного комплекса» ПГУПС начиная с 2010 года проводит научно-исследовательские работы в области совершенствования трамвайных путей. В 2020г. разработан «Альбом типовых конструкций трамвайных путей Санкт-Петербурга», утвержденный председателем Комитета по транспорту [1]. При составлении альбома руководствовались следующими положениями.

1. Проведенный анализ применяемых в РФ и за рубежом конструкций трамвайных путей показал: все конструкции трамвайного пути можно разделить на шпальные и бесшпальные. Шпальные конструкции трамвайного пути могут быть на деревянных и железобетонных шпалах, а бесшпальные – на мо-

нолитном или плитном (сборном) основании. Трамвайные пути располагаются на совмещенном, выделенном или обособленном полотне.

2. Общее направление совершенствования конструкций трамвайных путей - снижение эксплуатационных затрат, увеличение сроков службы, улучшение экологических показателей и повышение комфорта пассажиров. Обязательным становится применение в конструкции трамвайного пути шумо- и виброизоляционных материалов.

3. Важным фактором при выборе конструкции трамвайного пути являются район строительства: исторический центр города, спальный район или участок, отдаленный от жилых построек (пригород).

Определяющим при выборе конструкции трамвайного пути для конкретного участка является технико-экономические и прочностные характеристики. При расчете конструкций на шпальном основании применялись уже существующие расчетные методики, а для бесшпальных конструкций была разработана новая методика. Прочностные расчеты позволили разработать и обосновать целый ряд конструкций на шпальном, монолитном и плитном основаниях, а технико-экономические - определить их область применения [2, 5, 6].

В процессе анализа работы конструкции трамвайного пути на монолитном основании была исследована зависимость прогиба рельса от значения коэффициента постели подошвенного профиля (рис. 1, 2) и зависимость прогиба рельса от осевой нагрузки трамвая (рис.3).

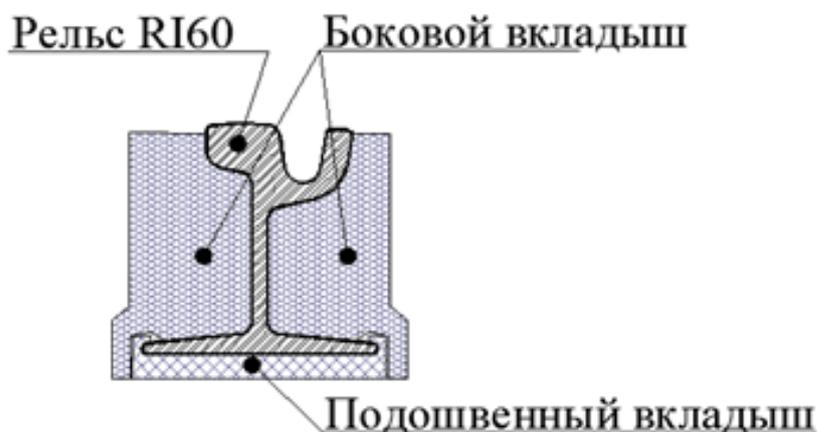


Рис.1. Схема расположения системы изоляции рельса.

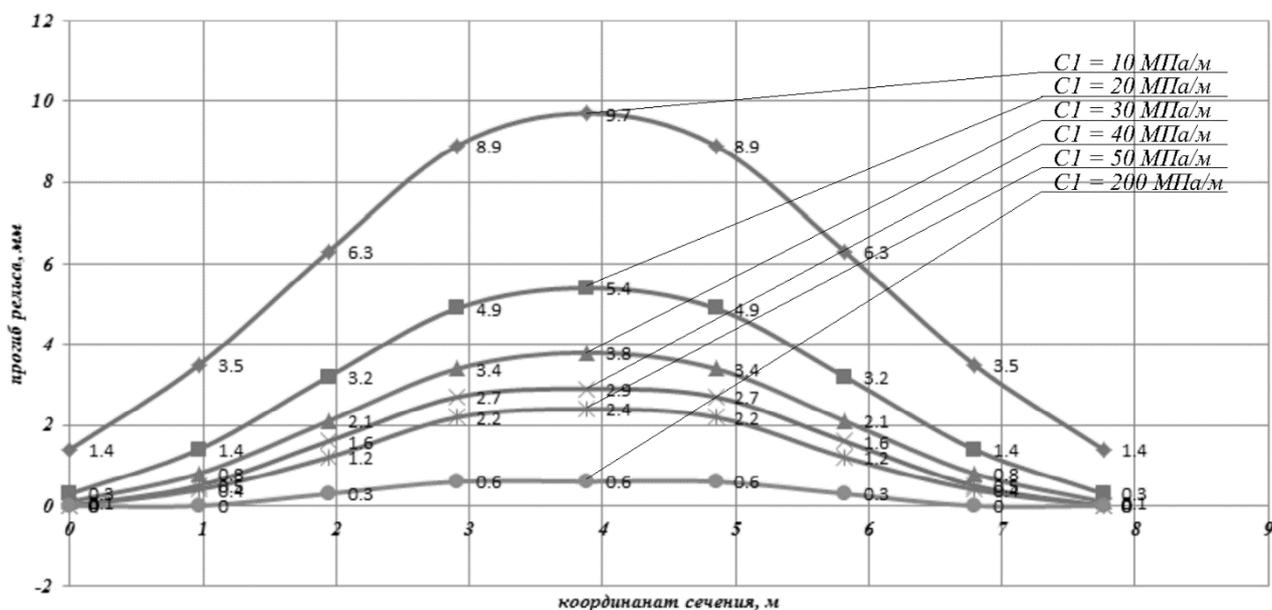


Рис. 2. Прогиб рельса(мм) в зависимости от коэффициента постели подошвенного вкладыша (МПа/м) при осевой нагрузке 8,5 т

Зависимость $\Delta_{abc} = h_k - h_c$ (мм*10⁻³) от коэффициента постели C1 (МПа/м) подошвенного вкладыша для различных осевых нагрузок P(т)

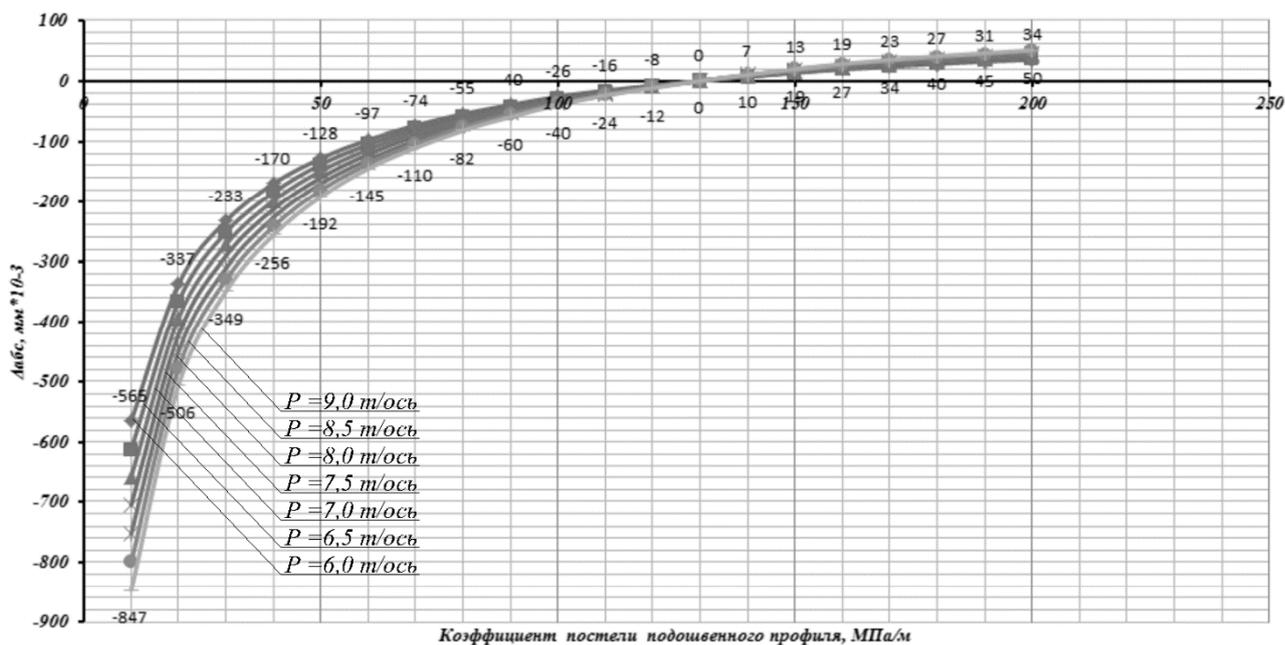


Рис.3. Графики $\Delta_{abc} = h_k - h_c$ от k, показывающие изменение прогиба рельса при различной осевой нагрузке P(т) в зависимости от коэффициента постели C1 подошвенного вкладыша

Анализ этих исследований показал, что в зависимости от упругих свойств подошвенного вкладыша, схемы передачи нагрузки от трамвая на поверхность плиты от двухосной тележки трамвая могут быть различны (рис.4-6).

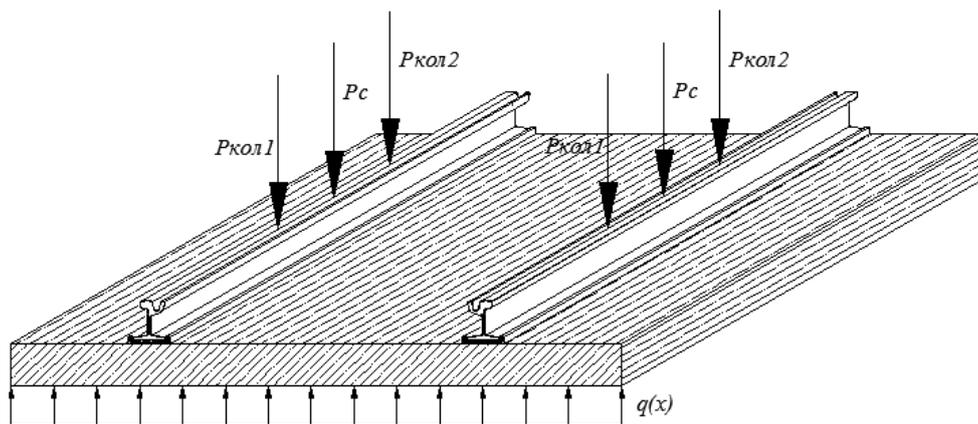


Рис. 4. Схема передачи нагрузки на несущее бетонное основание при коэффициенте постели подошвенного вкладыша 10 МПа/м до 130 МПа/м

Так при коэффициенте постели $10 \frac{\text{МПа}}{\text{м}} \leq k < 130 \frac{\text{МПа}}{\text{м}}$, нагрузка на несущее бетонное основание будет передаваться в трех точках, за счет максимального прогиба рельса посередине между колесами (рис. 4), а при $k = 130 \frac{\text{МПа}}{\text{м}}$ нагрузка на несущее бетонное основание передается как распределенная по длине базы тележки (рис.5).

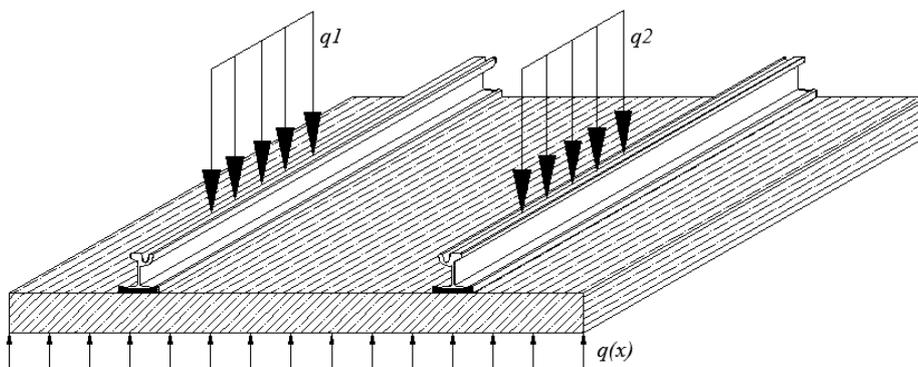


Рис. 5. Схема передачи нагрузки на несущее бетонное основание при коэффициенте постели подошвенного вкладыша 130 МПа

И только при $k > 130 \frac{\text{МПа}}{\text{м}}$ нагрузка на несущее бетонное основание будет передаваться от каждого колеса отдельно (рис.6) $P_1 = P_2 = P_3 = P_4 = P_{oc} / 2$.

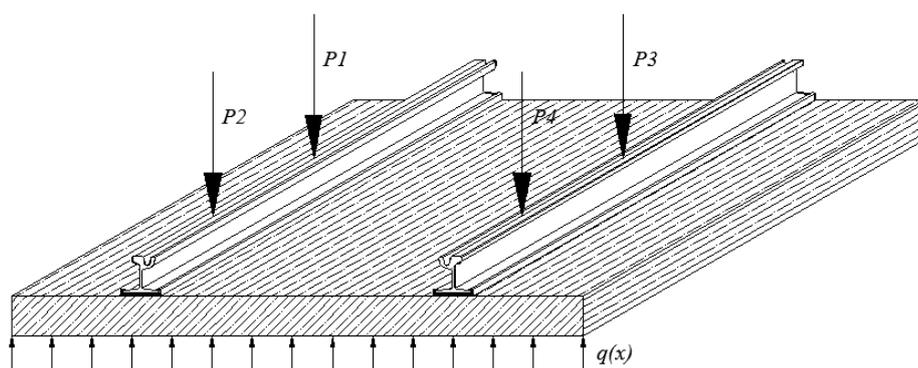


Рис.6. Схема передачи нагрузки на несущее бетонное основание при коэффициенте постели подошвенного вкладыша более 130 МПа/м

Исследования возможных схем передачи нагрузки от трамвая на плиту при условии применения системы изоляции позволили прийти к следующим выводам: схема передачи нагрузки зависит от механических характеристик материала подошвенного профиля и не зависит от осевой нагрузки – что будет служить базой для дальнейших исследований.

Технико-экономические расчеты позволили определить жизненный цикл различных конструкций. Для примера на рис. 7 приведен жизненный цикл конструкции на монолитном железобетонном основании с двухслойным армированием, трамвайными рельсами твёрдостью не менее 290НВ(конструкция 1) и конструкции на деревянных шпалах с железнодорожными рельсами Р65, основание усилено тощим бетоном (конструкция 2).

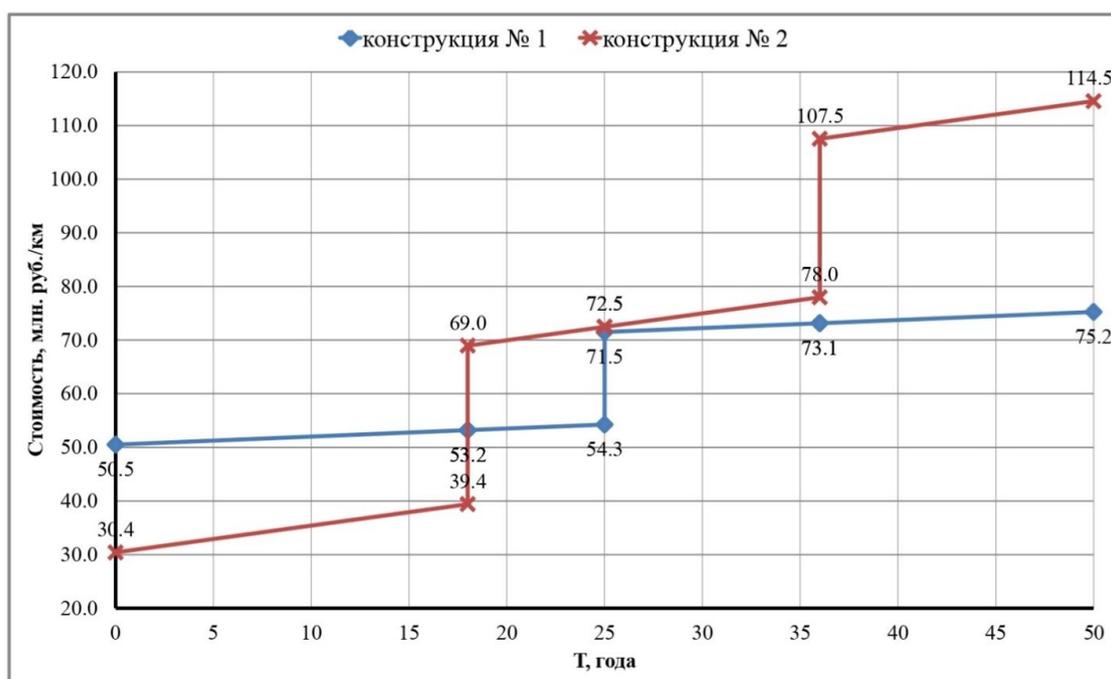


Рис.7. Жизненный цикл конструкций трамвайных путей

Результаты технико-экономических расчетов определили области применения различных конструкций и позволяют сделать следующие выводы:

- При сроке эксплуатации трамвайного пути 50 лет, конструкции трамвайного пути на монолитном основании, имеющие большую сметную стоимость строительства по сравнению со шпальной конструкцией, имеют значительно меньшие суммарные затраты, дополнительные вложения окупаются через 18 лет.

- При строительстве и ремонте постоянных трамвайных линий наиболее перспективны конструкции на монолитном основании, а для устройства временных путей в ряде случаев экономически обосновано применение рельсошпальных конструкций;

- Использование фибробетона в качестве несущего основания трамвайного пути в ряде случаев более эффективно, по сравнению с железобетонным, как при однослойном, так и двухслойном армировании.

На основании выполненных исследований, для применения в городах Российской Федерации предложены более 40 конструкции трамвайных путей [2,3,5]. Однако такое многообразие затрудняет выбор конструкций при проектировании, поэтому была разработана классификация трамвайных путей [7]. Классификации трамвайных путей выполнялась для решения двух основных задач: первая – свести к минимуму количество типовых конструкций; вторая – создать возможность автоматизации выбора и обоснования конструкции пути в зависимости от его назначения и условий эксплуатации. Для этого было предложено присваивать номера основным группам элементов трамвайных конструкций, определяющим тип конструкции. Таких групп предложено четыре. Первая группа – рельсы, обозначается цифрой 1, тогда типу рельса (подгруппы), присвоим номера следующим образом: Т62 – 1.1; Р65 – 1.2; Р50 – 1.3; Ri60 – 1.4; Ri62 – 1.5; бесшпальные – 1.6. Тип рельса зависит от плана трассы, пассажиронапряженности участков, планируемых сроков службы, типа подвижного состава и т.п. Вторая группа – подрельсовое основание – 2, например, шпальное – 2.1; деревянные шпалы – 2.1.1; деревянные шпалы типовые – 2.1.1.Т; деревянные шпалы усиленные 2.1.1.У, и т.д. Подрельсовое основание определяется технико-экономическими расчетами. Третья группа – изоляция (вкладыши) – 3. Без изоляции – 3.1; частичная – 3.2; полнопрофильная – 3.3, и т.д. Наличие вкладышей и их характеристика определяется в первую очередь расположением трамвайных путей в городской черте, центр города, окраина, выносные линии и т.п. Четвертая группа – покрытие пути – 4. Без покрытия – 4.1; покрытие из асфальтобетона – 4.2; железобетонные плиты – 4.3, и т.п. Наличие покрытия и его характеристики определяются назначением пути и требованиями администрации городов и эксплуатирующих организаций. В этом случае любая конструкция трамвайного пути может быть представлена в виде сочетаний их элементов. Например, конструкция пути: рельсы Р65, деревянные шпалы типовые, полнопрофильная изоляция, покрытие из литого асфальтобетона будет иметь

обозначение –(1.2; 2.1.1.Т; 3.3; 4.2.). Выполненная классификация была использована при разработке альбома типовых конструкций трамвайных путей для Санкт-Петербурга.

Также были разработаны технические условия на прирельсовые вкладыши и технологии содержания, ремонта и строительства трамвайных путей [9-11].

Дальнейшее развитие городского рельсового транспорта в первую очередь связано с повышением скоростей движения при обеспечении экологической безопасности и комфорта пассажиров. Это возможно только при создании новых перспективных конструкций подвижного состава, модернизации всей инфраструктуры рельсового транспорта и совершенствовании нормативно-правовой базы ее функционирования. Что в свою очередь требует проведения комплексных теоретических и экспериментальных исследований взаимодействия пути и подвижного состава, оценки применимости новых технических решений и технологий в сфере городских пассажирских перевозок. Для таких исследований необходима целенаправленная подготовка кадров с учетом современных тенденций развития транспортной техники. Логичным решением может стать и концентрация научных и экспертных ресурсов, занятых в этой сфере, путем создания современного профильного научно-исследовательского центра. Нами разработаны предложения по созданию такого центра и основные требования по его оснащению [8]. Подобных центров нет ни в России, ни в мире. Создание такого центра позволит привлечь большое количество заказов по испытаниям трамваев, вагонов метрополитена и всей инфраструктуры (путь, СЦБ, контактная сеть, стрелочные переводы, приводы, системы управления и т. п.) не только из России, но и из зарубежных стран, послужит дополнительной связью между потребителями и производителями трамвайной техники. Считаем, что это приведет к быстрой окупаемости инвестиций. Создание такого кольца повысит уровень научных исследований и качество подготовки специалистов, послужит дополнительным стимулом повышения качества используемых в городском транспорте современных технических решений.

Список литературы

1. «Альбом типовых конструкций трамвайных путей Санкт – Петербурга» ПГУПС. 2020.-23с.
2. Дудкин Е.П., Султанов Н.Н., Параскевопуло Ю.Г. и др. «Городской рельсовый транспорт: инновационные конструкции трамвайного пути на выделенной полосе» Транспорт Российской Федерации (журнал о науке, экономике, практике). – 2013. - № 4 (47). – С. 51-54.
3. Дудкин Е.П., Черняева В.А., Султанов Н.Н. «Разработка конструкций трамвайных путей с учетом экологических требований.» В сборнике: Актуальные проблемы развития транспортной инфраструктуры. сборник научных трудов. 2018. С. 281-285.
4. Дудкин Е.П., Коланьков С.В., Султанов Н.Н. «Методика технико-экономического обоснования выбора конструкции трамвайного пути».Транспорт Российской Федерации. 2016. № 2. С. 15.
5. Дудкин Е.П., Султанов Н.Н. «Обоснование современных конструкций трамвайных путей». Известия Петербургского университета путей сообщения. 2017. Т. 14. № 1. С. 24-32.

6. Дудкин Е.П., Параскевопуло Ю.Г., Султанов Н.Н. «Использование фибробетона в конструкции трамвайных путей» Транспорт Российской Федерации (журнал о науке, экономике, практики). – 2012. - № 3-4 (40-41). - С. 77-79.

7. Дудкин Е.П., Гмыря К.А., Андреева Л.А., Романовская Н.В. «Классификация конструкций трамвайных путей.» Бюллетень результатов научных исследований. 2019. № 2. С. 81-87.

8. Дудкин Е.П., Бенин А.В., Малахов М.В. «О создании научно-испытательной лаборатории и кадрового центра по подготовке специалистов городского электрического транспорта в Санкт-Петербурге.» Транспорт Российской Федерации. 2020. № 1 (86). С. 14-17.

9. Технические условия 2539-001-03222089-2011 «Профили резиновые подошвенные под рельс трамвайных путей». Санкт-Петербург, 2012г.

10. Технические условия 2539-002-03222089-2011 «Профили резиновые боковые для рельсов трамвайных путей.» Санкт-Петербург, 2012г.

11. Дудкин Е.П., Китаев С.В., Востриков О.В. «Опыт эксплуатации трамвайных путей в Санкт-Петербурге». Транспорт Российской Федерации. 2019. № 3 (82). С. 47-50.

Контактная информация:

Дудкин Евгений Павлович – д-р тех. наук, проф.; ed@pgups-tempus.ru
Султанов Нариман Надимбекович – канд. тех. наук, доц.; sdtk@pgups.ru

Author's information:

Evgeny P. Dudkin – D. Eng. Sci, Professor; ed@pgups-tempus.ru
Nariman N. Sultanov – PhD Eng. Sci, Associate Professor; sdtk@pgups.ru

УДК 656.2.052.432

Анисимов В.А.

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

ОБ ИНФОРМАЦИОННОМ МОДЕЛИРОВАНИИ ЗДАНИЙ: ОТ ИДЕИ ДО ШИРОКОГО ПРИМЕНЕНИЯ

В работе изложена история возникновения и развития технологии Building Information Modeling и дано краткое описание программных продуктов информационного моделирования объектов архитектуры и строительства от ведущих разработчиков программного обеспечения в сфере проектирования зданий и сооружений.

Ключевые слова: информационное моделирование зданий, информационная модель здания, проектирование, строительство.

Anisimov V.A.

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

ABOUT INFORMATION MODELING OF BUILDINGS: FROM AN IDEA TO A WIDE APPLICATION

The paper describes the history of the emergence and development of Building Information Modeling technology and gives a brief description of software products for information modeling of architectural and construction objects from leading software developers in the field of building and structure design.

Keywords: building information modeling, building information model, design, construction.

Building Information Modeling (далее, BIM) – информационное моделирование зданий - "процесс, в результате которого формируется информационная модель здания (сооружения), при этом, каждой стадии соответствует некоторая модель, которая отображает объем обработанной на этот момент информации (архитектурной, конструкторской, технологической, экономической) о здании или сооружении" [1].

Идея BIM, основанная на объектно-ориентированном проектировании, появилась более 40 лет назад [2], а предпосылки для её зарождения ещё раньше.

В 1962 году Дуглас Энгельбарт в своей статье "Расширение человеческого интеллекта" предложил объектно-ориентированное проектирование, основанное на параметрическом описании элементов здания в реляционной базе дан-

ных. В 1963 году Иваном Сазерлендом была разработана первая система автоматизированного проектирования (CAD) с графическим пользовательским интерфейсом "Sketchpad".

В 1974-75 годах Чарльз Истмен в своих работах "An Outline of the Building Description System" и "The Use of Computers Instead of Drawings in Building Design" предложил компьютерную систему описания зданий - "Building Description System (BDS)", основанную на реляционной базе данных, в которую записывались параметры очень большого числа физических элементов здания.

В этих работах были изложены ожидаемые возможности BDS:

- пользовательский графический интерфейс для ввода любой сложной формы элементов;
- интерактивный графический язык для редактирования и компоновки элементов здания;
- получение любых согласованных между собой чертежей и документов по зданию, созданных из единой базы данных;
- вывод чертежей в ортогографических и перспективных проекциях на дисплей и печать;
- автоматизация проверки нарушений норм проектирования;
- сортировка базы данных и количественный отбор по атрибутам, например, по типу материала, поставщику или произвольному набору данных, для проведения количественного и качественного анализов;
- автоматическое формирование списков деталей;
- использование базы данных с параметрическим описанием элементов здания, записанной на внешний носитель (магнитную ленту), для оценки строительных операций, а также для его реконструкции, при актуализации базы данных в соответствии с текущим состоянием здания на определенный момент времени.

Обобщая вышесказанное о BDS, можно сказать, что Чарльз Истмен предложил первое концептуальное описание информационной модели здания как совокупности трехмерных элементов, взаимосвязанных по пространственным, геометрическим и физическим параметрам, которое стало основой трехмерного параметрического моделирования зданий.

В 1982 году Габор Бояр начал разработку ArchiCAD и в 1987 эта программа стала первым программным обеспечением BIM, разработанным для персонального компьютера [2]. Первые версии ArchiCAD были медленными, однако к 2006 году ArchiCAD стал мировым лидером по использованию в качестве инструмента BIM для проектирования жилых и небольших коммерческих зданий.

В 1986 г. Роберт Эйш в своей работе [3] предложил использовать термин «Building Modeling» (моделирование здания) как ключевое понятие в интегрированной САПР строительства, которая способна обрабатывать несколько представлений проектной информации о здании на основе единой 3D-модели.

"Эти представления могут быть орфографическими рисунками, видами 3D-перспектив и другими неграфическими атрибутивными данными" [3].

Данный подход был реализован в программном комплексе моделирования зданий RUCAPS (Really Universal Computer-Aided Production System) при реконструкции «Терминала-3» лондонского аэропорта Хитроу [3]. Это был первый успешный опыт применения BIM в проектировании.

В 1994 г. Национальная лаборатория Эрнеста Орландо Лоуренса в Беркли, основываясь на своих демонстрационных прототипах, приступила к созданию интегрированной программной среды Building Design Advisor (BDA – помощник по проектированию зданий) [4]. Лаборатория свои усилия направила на разработку:

- основных алгоритмов BDA для управления процессами и данными;
- интегрированной модели данных для описания и визуализации объектно-ориентированной модели здания и его контекста;
- интерфейса прикладного программирования для использования внешних инструментов;
- графического пользовательского интерфейса для удобной навигации по данным и процессам.

В 1996 г. в [4] было опубликовано описание бета-версии BDA, которая обеспечивала комплексное и одновременное использование нескольких инструментов моделирования и баз данных с помощью единого графического пользовательского интерфейса, поддерживающего принятие многокритериальных решений. BDA был представлен как менеджер данных и контроллер процессов, позволяющий проектировщикам зданий эффективно использовать возможности нескольких инструментов.

Графический пользовательский интерфейс BDA состоял из двух основных элементов: браузера зданий и рабочего стола для принятия решений.

Браузер был предназначен для навигации по данным, ввода и редактирования параметров, выбора входных и/или выходных параметров для отображения.

Рабочий стол использовался для сравнения вариантов проектирования по любому количеству параметров.

BDA был реализован в виде приложения на базе Windows для персональных компьютеров.

Окончательная версия BDA должна была поддерживать процесс проектирования от начальных этапов схематического проектирования до детальной спецификации компонентов и систем здания с последующим применением на всем жизненном цикле здания.

В 2000 г. Ирвин Джунгрейс и Леонид Райз выпустили свой революционный программный продукт под названием Revit, основанный на объектно-ориентированном проектировании, параметрическом моделировании и использовании атрибута времени. С помощью Revit можно было создавать комплексные сложные проекты.

Для навигации, координации и совместной работы с 3D-моделями в 2001 году компания NavisWorks разработала программное обеспечение JetStream с набором необходимых для этого инструментов.

В 2002 году компания Autodesk приобрела Revit, а в 2007 году – NavisWorks.

На основе Revit компания Autodesk разработала три программных решения для информационного моделирования зданий:

- Revit Architecture для работы с архитектурной частью проекта;
- Revit Structure для проектирования и анализа конструкций;
- Revit MEP для проектирования инженерных систем (электрической, вентиляционной, канализационной и т. д.).

С версии 2013 они были объединены в один программный комплекс Revit.

В базе данных Revit могут храниться все информационные модели здания по всем этапам его жизненного цикла, от концепции до строительства, от принятия объекта в эксплуатацию до его демонтажа.

Трехмерная модель здания в Revit создается с использованием элементов, выбираемых из семейств (библиотек). Их делят на три группы:

- системные семейства, они хранятся в файле проекта и включают в себя элементы здания, такие как стены, перекрытия, крыши, потолки, полы и другие, которые возводятся на строительной площадке, и элементы, определяющие среду проекта – оси, уровни, сетки, листы чертежей, видовые экраны;

- загружаемые семейства (окна, двери, элементы инженерных систем, шкафы, приборы, различное оборудование и т. д.), они создаются с помощью специального редактора, имеют произвольный набор свойств и загружаются в проект из отдельного файла;

- контекстные семейства - это элементы, используемые для создания форм с уникальной геометрией, которые не планируется использовать повторно, с их помощью можно построить нестандартные, различной кривизны крыши, стены, витражи и т. п., они являются уникальными и используются только для конкретного проекта.

После приобретения NavisWorks компания Autodesk выпустила на архитектурно-строительный рынок семейство программ NavisWorks (NavisWorks Manage, NavisWorks Simulate и NavisWorks Freedom) для управления реализацией проектов на основе единой 3D-модели здания, полученной путем объединения проектных данных из программных продуктов Autodesk и других САПР, с информационными моделями, созданными в Revit.

NavisWorks Manage и NavisWorks Simulate применяются для координации проектных работ, моделирования процесса строительства, комплексного анализа и коллективной экспертизы проекта. Дополнительно в Navisworks Manage включены расширенные инструменты для выявления проектных ошибок ("коллизий"), устранения конфликтов и пересечений на ранних этапах проектирования здания.

Navisworks Freedom предоставляет средства навигации: обход, осмотр, зумирование, показ рамкой, панорамирование, вращение по орбите, исследование, облет и вращение сцены, которые позволяют пользователю просматривать иерархию моделей, свойства объектов и внедренные данные с использованием разных положений точек обзора, анимации, электронных пометок и комментариев.

В 2011 году компания Autodesk выпустила программу Autodesk Infrastructure Modeler для создания крупных инфраструктурных 3D-моделей. С 2013 года в связи со значительным расширением функционала программы её название меняется на InfraWorks. В настоящее время InfraWorks используется для концептуального проектирования и анализа объектов инфраструктуры на ранних этапах их жизненного цикла и позволяет моделировать, анализировать и визуализировать их трехмерные проектные концепции в увязке с рельефом и ситуацией местности, а также выполнять технико-экономическое обоснование проектных решений для их согласования с заинтересованными сторонами.

Объединив на основе единой облачной среды обработки данных свои передовые и широко используемые программные продукты BIM и САПР (Revit, NavisWorks, InfraWork, Civil 3D, AutoCAD, Autodesk Docs и др.), компания Autodesk предложила архитектурно-строительному рынку AEC Collection (Architecture, Engineering & Construction Collection) для решения следующих задач [5]:

- концептуальное и детальное проектирование зданий и объектов инфраструктуры;
- оптимизация готовых проектов на основе анализа, генеративного проектирования, визуализации и симуляции;
- управление документооборотом, совместная работа участников проектной группы и согласование деталей проекта на всех этапах его жизненного цикла;
- координирование строительных работ и контроль за качеством, стоимостью и сроками их выполнения.

Другим ведущим разработчиком программного обеспечения BIM в строительстве является компания Bentley Systems, основанная в 1984 году. В 2003 году Bentley Systems, развивая свою основную платформу САПР на базе решений BIM, разработала Generative Components (GC) – платформу, поддерживающую параметрическую гибкость и неоднородные рациональные B-сплайновые поверхности (NURBS) [2].

На текущий момент на основе своей платформы BIM компания Bentley Systems предлагает обширную линейку программных продуктов [6] для проектирования, строительства и эксплуатации зданий, промышленных установок, морских сооружений, инженерных и коммуникационных сетей, железных дорог, трасс, мостов, тоннелей, плотин гидроэлектростанций и т.д.

У Bentley Systems есть свои программные решения для инфраструктурного, энергетического, нефтегазового, химического, горнодобывающего и водохозяйственного секторов. В зависимости от сектора и специфики объекта проектирования применяются различные наборы программных продуктов, с помощью которых специалисты разных областей могут решать задачи [6]:

- 3D-моделирования местности по результатам лазерного 3D-сканирования и фотоснимкам;
- комплексного проектирования и анализа на основе использования параметрического 3D-моделирования и инструментов структурного анализа;
- управления жизненным циклом проектов от начального этапа проектирования до сдачи объекта в эксплуатацию.

Единая облачная среда обработки данных обеспечивает коллективную работу различных специалистов над проектом и его реализацией посредством совместного доступа к проектной документации, чертежам и 3D-моделям с целью координации проекта и своевременного обнаружения возможных "коллизий" в проектировании и строительстве объекта.

Предлагаемый Bentley Systems программный продукт SYNCHRO, синхронизируя 3D-модель объекта проектирования с календарно-сетевым графиком строительства, позволяет на основе 4D-моделирования:

- управлять строительным процессом, используя панели мониторинга с показателями реализации проекта;
- обнаруживать неточности и ошибки в календарно-сетевом графике и своевременно их исправлять;
- использовать визуальные модели для контроля сроков выполнения работ;
- учитывать затраты на протяжении всего жизненного цикла проекта и оптимизировать ресурсы для его реализации;
- управлять графиком работ и координировать строительные работы;
- рационализировать строительные рабочие процессы.

На сегодняшний день на сайте компании размещены презентационные материалы по 2715 избранным проектам, которые были разработаны с использованием программных решений Bentley Systems [6].

Почти параллельно с разработкой компанией Bentley Systems платформы GC известный архитектор Фрэнк Гери в 2002 году для технологического сопровождения своих проектов создал компанию Gehry Technologies, которая в 2006 году на основе САД-программы CATIA французского производителя самолетов Dassault Systems выпустила программный продукт Digital Project, способный создавать особо сложные архитектурные формы с помощью параметрического 3D-моделирования. На этот шаг Фрэнк Гери решился в результате успешного применения компьютерных инструментов 3D-моделирования в его ранних проектах (скульптура рыбы, построенная в Барселоне к Олимпиаде 1992 года и концертный зал Уолта Диснея в Лос-Анджелесе, открытый в октябре 2003 года, его проект был разработан в 1991 году, а строительство началось

только в декабре 1999 года). Все последующие свои проекты Фрэнк Гери создавал только с помощью Digital Project. С данного времени параметрическое моделирование в архитектуре становится повседневной реальностью.

Ещё одной крупной компанией, предлагающей свои программные продукты BIM в строительстве, является финская Tekla, основанная в Хельсинки в 1966 г. Её программные решения Tekla Structures и Tekla Model Sharing [8] используются для разработки и реализации проектов гражданских и промышленных объектов по всему миру.

Tekla Structures позволяет создавать и объединять 3D-модели строительных конструкций и управлять коллективной работой специалистов на всех этапах жизненного цикла сооружения на основе его 3D-модели, содержащей данные, необходимые для его строительства и эксплуатации.

Tekla Model Sharing является инструментом для проектных групп, с помощью которого повышается эффективность совместной работы специалистов в Tekla Structures на базе использования общей 3D-модели сооружения и постоянного доступа к данным в режиме реального времени.

Компания Tekla активно поддерживает идею открытого подхода к информационному моделированию зданий (OpenBIM), который основывается на использовании смешанной среды из разных программных продуктов BIM, организованной на базе согласованных информационных моделей, методов, процессов и общей терминологии в соответствии с международным стандартом ISO 16739:2013. Так, в продуктах Tekla Structures и Autodesk Revit в рамках OpenBIM реализован открытый формат импорта и экспорта 3D-моделей зданий и их свойств IFC (Industry Foundation Classes), который обеспечивает простой и оперативный обмен данными между различными программными приложениями BIM.

В 1963 году Георг Немечек создал компанию Nemetschek AG с целью применения программ компьютерного моделирования для проектирования строительных объектов. Её основной программный продукт Allplan, позволяющий моделировать здание в виртуальном трёхмерном пространстве, был предложен архитекторам и проектировщикам в 1984 году.

В 2000 году Nemetschek AG приобрела компанию Vectorworks, а 21 декабря 2006 года - компанию Graphisoft. В 2008 году Nemetschek AG была преобразована в холдинговую компанию [9], которая в настоящее время стала одним из ведущих в мире разработчиков программного обеспечения для архитектурного и строительного рынков. Allplan, Nemetschek Graphisoft SE с системой проектирования ArchiCAD, Nemetschek Vectorworks с BIM-приложением для архитекторов и дизайнеров Vectorworks – это основные программные решения информационного моделирования зданий, которые Nemetschek AG предлагает для архитектурно-строительного проектирования и инженерного анализа.

Программный продукт Allplan сначала использовался в качестве инструмента только для проектирования несущих конструкций, но постепенно его

возможности были расширены, и теперь в одной программной среде параллельно осуществляется работа архитектора, проектировщика, конструктора, дизайнера, сметчика.

В настоящее время Nemetschek AG позиционирует Allplan как междисциплинарную платформу для архитекторов, инженеров и подрядчиков [9], с помощью которой можно управлять процессами проектирования и строительства на всех этапах жизненного цикла проекта.

Основным отличием Allplan от других программных продуктов BIM является то, что информационная модель объекта проектирования базируется на файловой структуре, а не на базе данных, при этом разные части проекта связываются в единую модель через внешние ссылки.

Среди отечественных разработчиков программного обеспечения для BIM стоит выделить совместное предприятие компании АСКОН и фирмы «1С» Renga Software с его продуктом Renga, который включает в себя инструменты "для совместного архитектурного проектирования, разработки несущих конструкций, внутренних инженерных сетей и технологической части зданий и сооружений" [10]. Архитекторам, проектировщикам, конструкторам, инженерам по водоснабжению и водоотведению, отоплению, вентиляции, электрическим сетям предоставлен свой инструментарий с интуитивно-понятным и удобным интерфейсом.

В Renga реализован функционал информационного моделирования от концептуального проектирования объекта строительства до формирования полного комплекта проектной и рабочей документации в соответствии с российской нормативной базой и зарубежными стандартами [10, 11].

Архитектор, используя трехмерные элементы (стены, балки, перекрытия, окна, полы и т.д.), создает информационную 3D-модель здания, которая ассоциативно связана с чертежами и спецификациями, что позволяет автоматически формировать их и корректировать, внося изменения в 3D-модель [11].

Конструкторы, инженеры-проектировщики, разрабатывая конструктивные части и инженерные сети здания, работают совместно с архитектором, используя единую информационную 3D-модель. Их совместная работа с единой 3D-моделью здания помогает избежать ошибок ("коллизий"), связанных с несоответствиями конструкторских решений и моделей инженерных сетей с архитектурной моделью.

Для управления на этапах строительства и эксплуатации по единой 3D-модели реализацией проекта с использованием NavisWorks, Solibry Nemetschek AG, Pilot-BIM и других предназначенных для этой цели программных продуктов в Renga реализован экспорт информационной модели объекта строительства в открытый формат IFC4.

Pilot-BIM является разработкой компании АСКОН и представляет собой среду общих данных BIM-проектов для решения следующих задач [12]:

- автоматизированная сборка консолидированной BIM-модели и её экспертизы в мультиинструментальной среде;
- использование BIM-модели в системе общего документооборота между участниками инвестиционно-строительных проектов;
- управление процессами разработки, согласования и экспертизы проекта;
- выявление ошибок и коллизий на ранних стадиях разработки проекта и оперативная актуализация BIM-модели;
- типизация проектных решений для многократного использования;
- создание архива изменений BIM-модели и сравнение её версий;
- сопровождение проекта и его приёмка от подрядчиков;
- мультимедийная демонстрация объектов строительства;
- использование BIM-модели на этапах строительства и эксплуатации.

По отзывам многих российских профессиональных пользователей программных продуктов BIM на текущий момент основными преимуществами Renga по сравнению с другими программами являются скорость работы, доступная стоимость, дружественный интерфейс, использование российской нормативной базы.

Кратко рассмотрев историю BIM, в заключение отметим его основные квалификационные признаки:

1. Объектно-ориентированное проектирование.
2. Параметрическое моделирование.
3. Единая для всех инструментов BIM информационная 3D-модель объекта строительства, которую по мере необходимости можно корректировать с учетом изменяющихся требований и условий.

Эффективность использования BIM в проектно-изыскательской и архитектурно-строительной сферах не подвергается никакому сомнению. Программное обеспечение BIM совершенствуется с каждым годом, так для повышения качества и экономичности проектных, объемно-планировочных, конструктивных решений некоторые разработчики уже предлагают программы, использующие оптимизационные методы и интеллектуальный анализ данных. Активно развивается OpenBIM и улучшаются форматы файлов для обмена данными между разными платформами. Разрабатываются и вводятся в действие национальные законы и нормативные документы по внедрению и применению технологии BIM.

Мировой опыт разработки и реализации проектов строительных объектов с использованием технологии BIM обозначил её основные преимущества [2, 7, 13 – 15]:

1. Существенный рост производительности труда.
2. Многократное уменьшение количества ошибок при проектировании и строительстве.
3. Значительное повышение качества и экономичности проектных, объемно-планировочных, конструктивных решений.

4. Сокращение времени и расходов на проектирование и строительство за счет выявления возможных ошибок ("коллизий") на ранних стадиях проектирования, моделирования процесса организации строительства, повышения точности определения требуемых ресурсов и рационального их распределения.

Список литературы

1. BIM-технология информационного моделирования: обзор, применение [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://bimlab.ru/faq-bim3d.html> (дата обращения: 10/06/2021)
2. Шеина, С.Г. Исследование этапов развития BIM-технологий в мировой практике и России / Шеина С.Г., Петров К.С., Федоров А.А. // Строительство и техногенная безопасность. – 2019. – № 14 (66). – С. 7-14.
3. Aish, R. Building modelling the key to integrated construction CAD / CIB 1986: 5th International Symposium On the use of computers for environmental engineering related to buildings, 7-9 July 1986, Bath. pp 55-67.
4. К. Papamichael, J. LaPorta, H. Chauvet, D. Collins, T. Trzcinski, J. Thorpe, S. Selkowitz The Building Design Advisor // ACADIA 1996 Conference. - Tucson: University of Arizona, 1996. - С. 85-97.
5. Коллекция Architecture, Engineering & Construction Collection (AEC) [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://www.autodesk.ru/collections/architecture-engineering-construction/overview> (дата обращения: 10/07/2021).
6. Программные продукты Bentley для специалистов в области инфраструктуры [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://www.bentley.com/ru/products> (дата обращения: 10/07/2021).
7. Профили ключевых проектов пользователей [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://www.bentley.com/ru/project-profiles> (дата обращения: 10/07/2021).
8. Продукты Tekla [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://www.tekla.com/ru/Продукция> (дата обращения: 11/07/2021).
9. Solutions Nemetschek [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://www.nemetschek.com/en/solutions/Продукция> (дата обращения: 11/07/2021).
10. О компании Renga Software [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://rengabim.com/about/> (дата обращения: 11/09/2021).
11. Renga - BIM-система для проектирования [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://ascon.ru/products/1301/review/> (дата обращения: 11/09/2021).
12. Pilot-BIM - Среда общих данных BIM-проектов [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://ascon.ru/products/1297/review/> (дата обращения: 12/09/2021).
13. Талапов В.В. Технология BIM: суть и основы внедрения информационного моделирования зданий – М.: ДМК-пресс, 2015. – 410 С.
14. Талапов, В.В. анализ опыта внедрения информационного моделирования в Великобритании / Талапов В.В. // Баландинские чтения. 2019. Т. 14. № 1. С. 89-93.
15. Горохова, Т.В. Обоснование необходимости использования BIM-технологий с целью повышения эффективности строительных процессов / Горохова Т.В. // В сборнике: Информатика: проблемы, методы, технологии. Материалы XXI Международной научно-методической конференции. Воронеж, 2021. С. 1593-1604.

Контактная информация:

Анисимов Владимир Александрович – д-р тех. наук, проф.; Anisvl@mail.ru

Author's information:

Vladimir A. Anisimov – D. Eng. Sci, Professor; Anisvl@mail.ru

УДК 656.2

Богданов А.И.

Дальневосточный государственный университет путей сообщения, Хабаровск

ПРОБЛЕМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ НОВЫХ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ, ВТОРЫХ ПУТЕЙ И РЕКОНСТРУКЦИИ ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ

В статье показывается, что недостаточный учет сложности природных условий при изысканиях и ведомственные требования не обеспечивают разработку проектов новых железнодорожных линий, вторых путей и реконструкции эксплуатируемых железных дорог в соответствии с современными сводами правил, увеличением объемов перевозок, веса поездов и осевых нагрузок. Отсутствие автоматизированных систем, основанных на математических методах, не позволяет получать оптимальные проектные решения.

Ключевые слова: план, профиль, новые железные дороги, вторые пути, кратная тяга, орто- и гидрографические условия, геологические, гидрогеологические и геокриологические условия, сейсмо-тектонические и метеорологические условия, термосуффозия, термокарст, слабосточные мари.

Bogdanov A.I.

Far East state university of means of communication, Khabarovsk

PROBLEMS OF DESIGNING OF THE NEW RAILWAYS, THE SECOND WAYS AND RECONSTRUCTION OF THE MAINTAINED RAILWAYS

In article it is shown that the insufficient account of complexity of an environment at researches and departmental requirements do not provide working out of projects of the new railroad lines, the second ways and reconstruction of the maintained railways according to the modern Archives of rules, increase in volumes of transportations, weight of trains and axial loadings. Absence of the automated systems based on mathematical methods, does not allow to receive optimum design decisions.

Keywords: the plan, a profile, the new railways, the second ways, multiple draught, ortho- and hydrographic conditions, geological, hydro-geological and geocriological conditions, seismo-tectonic and weather conditions, termosuffosiya, a thermokars, small moving maries.

В 2008 Правительство РФ утвердило Стратегию развития железнодорожного транспорта РФ до 2030 года [1], в которой представлен комплекс мероприятий по строительству и модернизации железных дорог, модернизации и введению новых стандартов подвижного состава и инфраструктуры (рис. 1).



Рис. 1

Стратегия разбита на два этапа: 2008-2015 (1-й этап) и 2016-2030 (2-й этап) и содержит два сценария развития: минимальный (ресурсно-сырьевое развитие России) и максимальный (инновационное развитие).

В соответствии с минимальным вариантом к 2030 году необходимо построить 16017 км новых железнодорожных линий, включая:

- стратегические (ориентировочная протяженность - 2246 км);
- социально значимые (ориентировочная протяженность – 1262 км);
- грузообразующие (ориентировочная протяженность - 4573 км);
- технологические (ориентировочная протяженность - 7277 км);
- высокоскоростные (ориентировочная протяженность - 659 км).

В соответствии с максимальным вариантом к 2030 году необходимо построить 20730 км новых железнодорожных линий, включая:

- стратегические (ориентировочная протяженность - 4112 км);
- социально значимые (ориентировочная протяженность - 1262 км);
- грузообразующие (ориентировочная протяженность - 4660 км);
- технологические (ориентировочная протяженность - 9168 км);
- высокоскоростные (ориентировочная протяженность - 1528 км).

Кроме строительства новых предполагается большой объем работ по строительству вторых путей и реконструкции эксплуатируемых железных дорог.

Значительный объем всех перечисленных видов предполагаемого строительства приходится на районы Дальнего Востока, его северной и северо-восточной частей с чрезвычайно сложными природными условиями. Среди последних следует отметить оро- и гидрографические условия, геологические и гидрогеологические, включая геокриологические условия, сейсмо-тектонические и метеорологические условия.

Сложность оро- и гидрографических условий выражается в горном характере рельефа, наличием большого количества рек и ручьев с узкими долинами и большим перепадом высот между ограждающими водоразделами и днищами долин.

Сложность геологических, гидрогеологических и геокриологических условий характеризуется широким распространением скальных горных пород, больших запасов подземных и грунтовых вод, изливание на поверхность которых в зимний период приводит к образованию наледей от небольших до гигантских. Широкое распространение многолетнемерзлых грунтов усложняет проектирование, строительство и, впоследствии, эксплуатацию железных дорог.

Сложность сейсмических и тектонических условий является одним из основных факторов широкого распространения различных инженерно-геологических процессов, таких как осыпи, обвалы, суффозия и термосуффозия, миграция подземных вод, наледи.

Особенности метеорологических условий и их циклические изменения приводят к синхронному изменению состояния многолетнемерзлых грунтов, принимаемое иногда, особенно в периоды эксплуатации, за их деградацию.

Перечисленный комплекс природных условий предъявляет особые требования к качеству и обоснованности изысканий и разработке проектов железных дорог.

Анализ проектов, хода строительства и начального периода эксплуатации нескольких последних объектов железнодорожного транспорта, а также построенных ранее железнодорожных линий показывает, что не во всех случаях как при проектировании новых линий и вторых путей, так и при реконструкции эксплуатируемых железных дорог, принимаемые проектные решения не отражают идентично всю сложность природных условий северных и северо-восточных районов Дальнего Востока.

Выбор параметров проектируемых железных дорог

Выбор параметров проектируемых железных дорог является начальной и ответственной стадией всего жизненного цикла, от качества и обоснованности которого зависит качество проектирования, ход строительства и дальнейшая эксплуатация будущей железной дороги.

На выбор параметров проектируемой новой железнодорожной линии оказывают влияние многочисленные и разнообразные факторы, основными из которых являются:

- экономические, среди которых важное место занимают виды и размер перевозимых грузов, от которых в свою очередь зависит количество путей и вид тяги;

- природные, основными из которых являются рельеф и инженерно-геологические условия.

Качество и обоснованность выбора технических параметров оценены на примере новой железнодорожной линии Улак – Эльга. Принятые и рекомендуемые параметры проектируемого подъездного пути Улак – Эльга к Эльгинскому месторождению каменных углей приведены в таблице 1.

Таблица 1

Принятые	Рекомендуемые
Руководящий уклон – 9 ‰ Уравновешенный уклон - 18 ‰ Минимальный радиус кривых - 600 м Вес поезда – 6000 т.	Руководящий уклон – 27 ‰ Минимальный радиус кривых – 400 м Вес поезда – 2000 т.

При проектировании линии с принятыми параметрами высоты насыпей составляли 40-60 м вплоть до 96 м (рис. 2).

При технико-экономическом сравнении запроектированных вариантов после улучшения принятого варианта путем увеличения его длины на 10 км стоимость строительства уменьшилась на 80 млн.руб (цены 2001 г).

План участка линии Улак – Эльга, запроектированный с рекомендуемыми параметрами представлен на рис. 3.

При проектировании линии с рекомендуемыми параметрами высоты насыпей и выемок будут составлять не более 20 м.

При весе поезда 2000 т по сравнению с 6000 т значительно сокращается время погрузки угля на ст. Эльга, простоя локомотивов и улучшаются условия движения поезда. На станции Улак три поезда весом по 2000 т соединяются в один поезд унифицированной массы 6000 т и отправляются на существующую сеть.

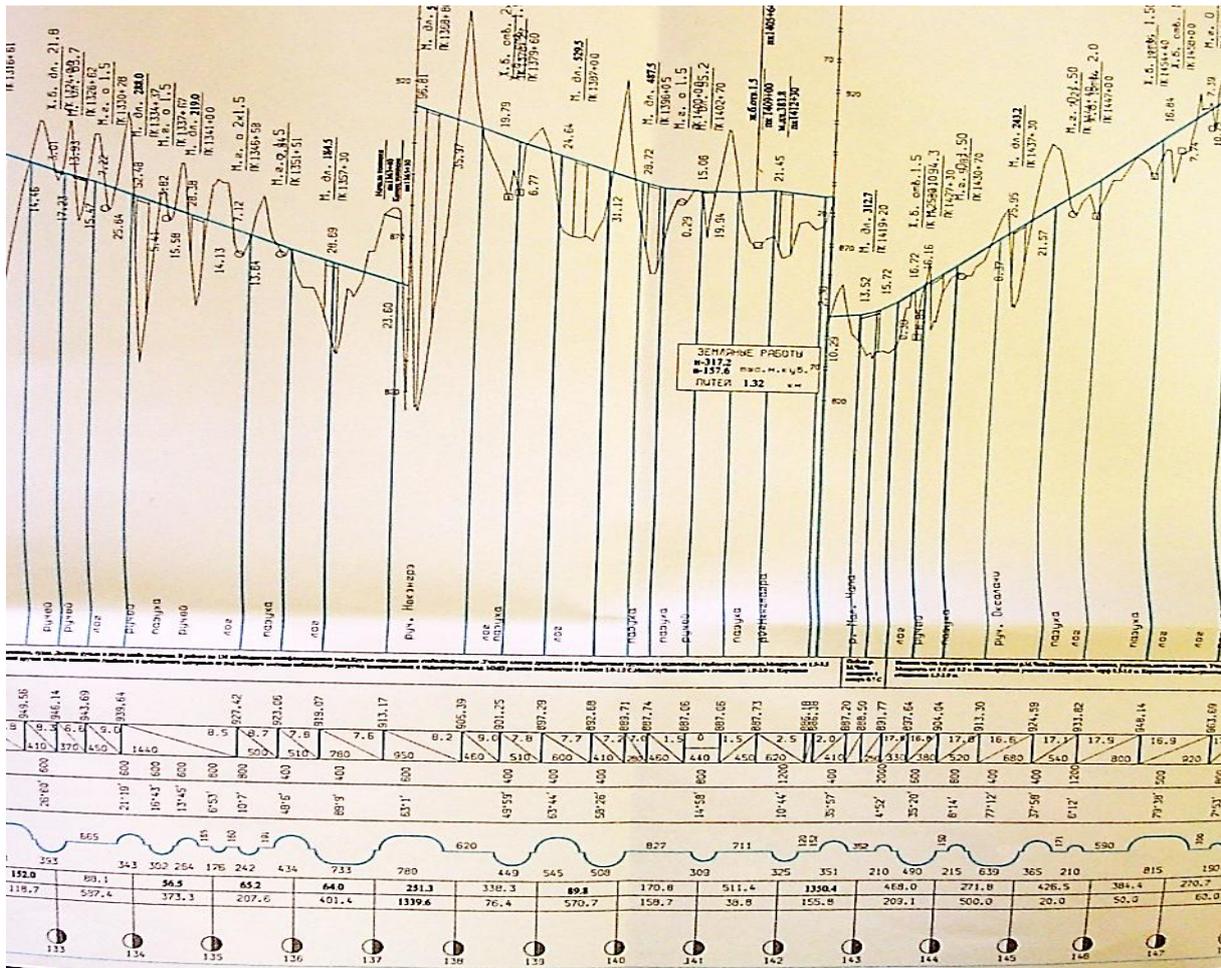


Рис. 2. Фрагмент подробного продольного профиля железнодорожной линии Улак - Эльга

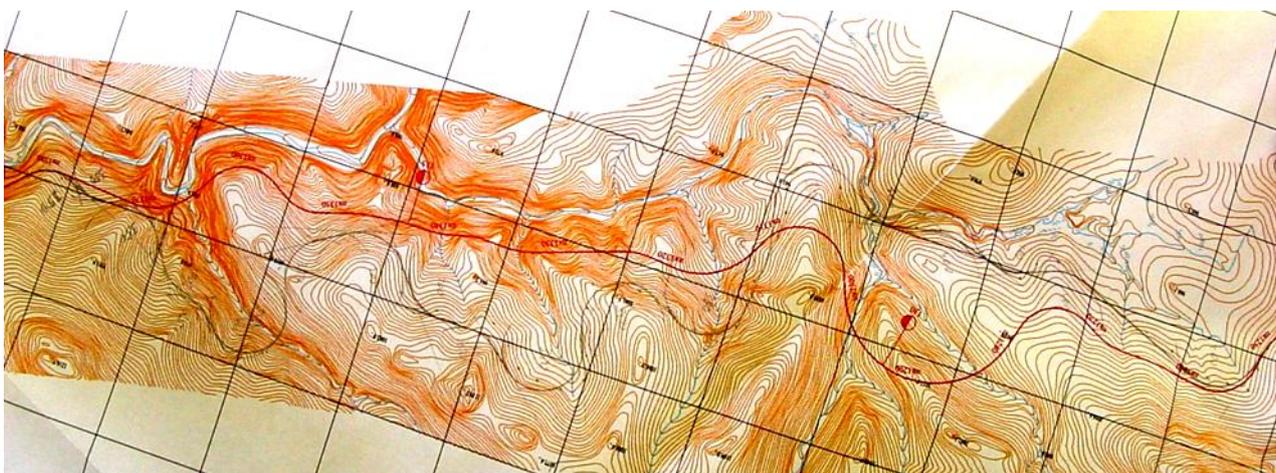


Рис. 3. Фрагмент плана железнодорожной линии Улак – Эльга

Другим примером, когда принимаемые проектные решения не идентично отражают сложность природных условий, является линия Чара – Чина Восточно-Сибирской железной дороги, длиной 70 км. Линия запроектирована на обвально-осыпном склоне хребта Колар, без достаточного учета геокриологиче-

ских условий, обвальной опасности склона и проектирования комплекса защитных противообвальных сооружений. В процессе строительства начали происходить многочисленные обвалы различной мощности и соответствующими повреждениями железнодорожного пути.

На фото 1 и 2 (рис.4,5) показаны обвалы в виде камней средней крупности и одиночного камня большого размера в результате чего, путь был завален обвальными массами и повреждена рельсошпальная решетка.



Рис.4. Фото 1

На фото 3 (рис.6) показан участок с проявляющимися процессами термосуффозии и вызываемыми ими просадками основания земляного полотна и верхнего строения пути.

На фото 4 (рис.7) показана насыпь на пересечении долины горной реки высотой несколько десятков метров, указывающая на то, что недостаточно обосновано были выбраны параметры или направление проектируемой линии. Пересечение долины выше по течению позволило бы уменьшить высоту насыпи до типовых специальных размеров.



Рис.5.Фото 2



Рис.6.Фото 3



Рис.7.Фото 4

Другим примером когда принимаемые проектные решения не идентично отражают сложность природных условий является обход зоны затопления водохранилища Бурейской ГЭС, перегон Адникан – Новый Ургал на участке км 304-км 333 линии Известковая-Чегдомын Дальневосточной железной дороги. Рельеф прилегающей местности характеризуется слабосточной и бессточной марью (рис. 8).

Без учета этого фактора с обеих сторон, но без достаточного удаления от подошвы земляного полотна были запроектированы водоотводные канавы. Недостаточный продольный уклон канав способствовал тому, что канавы стали водосборными, собирающими воду с соседних участков мари, тем самым способствуя обводнению грунтов основания и значительным деформациям земляного полотна.

Кроме того, на всем протяжении обхода запроектировано и построено около 30 мостов при общем количестве пересекаемых водотоков равном 17. Для каждого моста был отрыт котлован для устройства фундаментов и опор, которые впоследствии превратились в озера глубиной до 3 м. В обе стороны от мостов, как с низовой, так и с верховой стороны при отсутствии стока канавы на десятки и сотни метров заполнялись водой, дополнительно способствуя обводнению основания и деформациям земляного полотна.

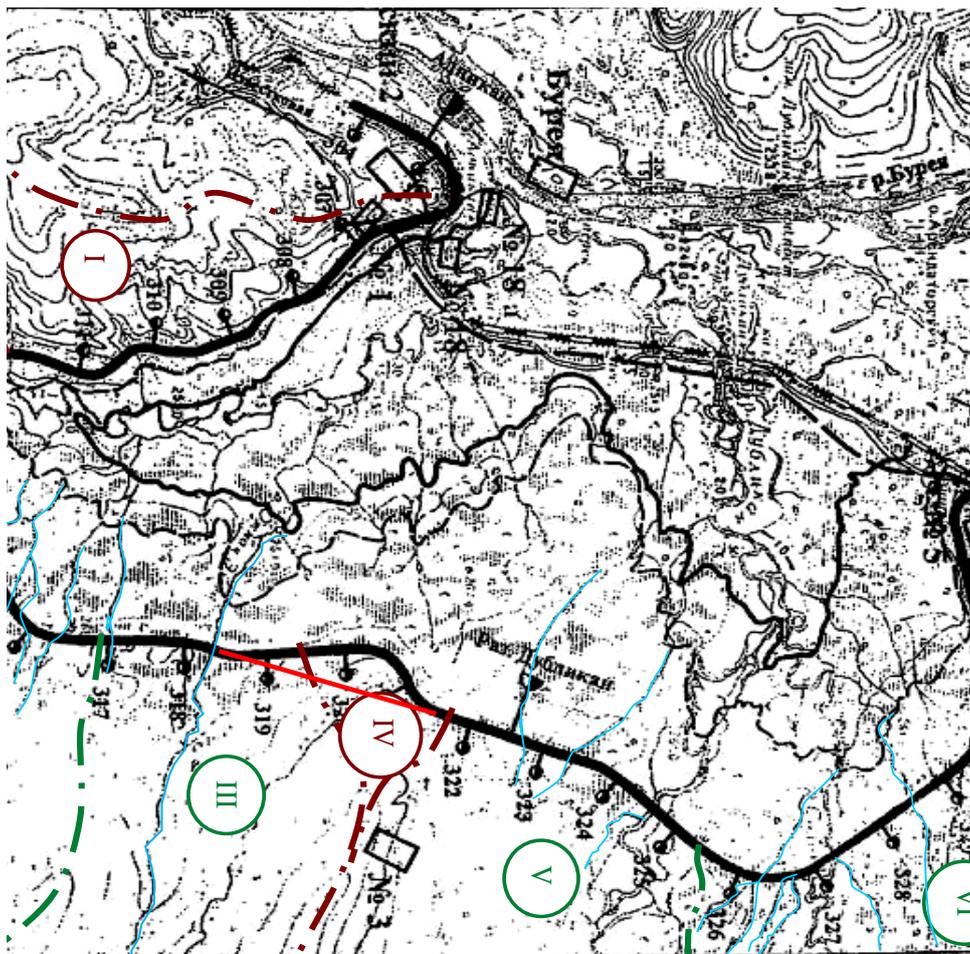


Рис. 8

Другим примером, когда принимаемые проектные решения не идентично отражают сложность природных условий, является участок уже построенной линии БАМ на пересечении Северо-Муйского хребта со строительством Северо-Муйского тоннеля (фото 5 (рис.9)).

При проектировании не были учтены сеймотектонические условия по трассе тоннеля а, именно, около 100 тектонических разломов, из которых 41 является активным в настоящее время. По активным тектоническим разломам происходит фильтрация подземных вод, в том числе термальных. При проходке тоннеля прорыв подземных вод, особенно термальных, приводил к серьезным авариям и остановкам строительства на продолжительное время. Только практически через 30 лет после начала строительства, Северо-Муйский тоннель был сдан в эксплуатацию (для сравнения 3140 км БАМа было построено за 10 лет).

Анализ оро- и гидрографических условий Северо-Муйского хребта показывает, что Северо-Муйский хребет представляет собой сводово-блоковые горы, пропиленные речными долинами, что дало бы возможность пересечения хребта без строительства тоннеля(см. фото 5 (рис.9)).

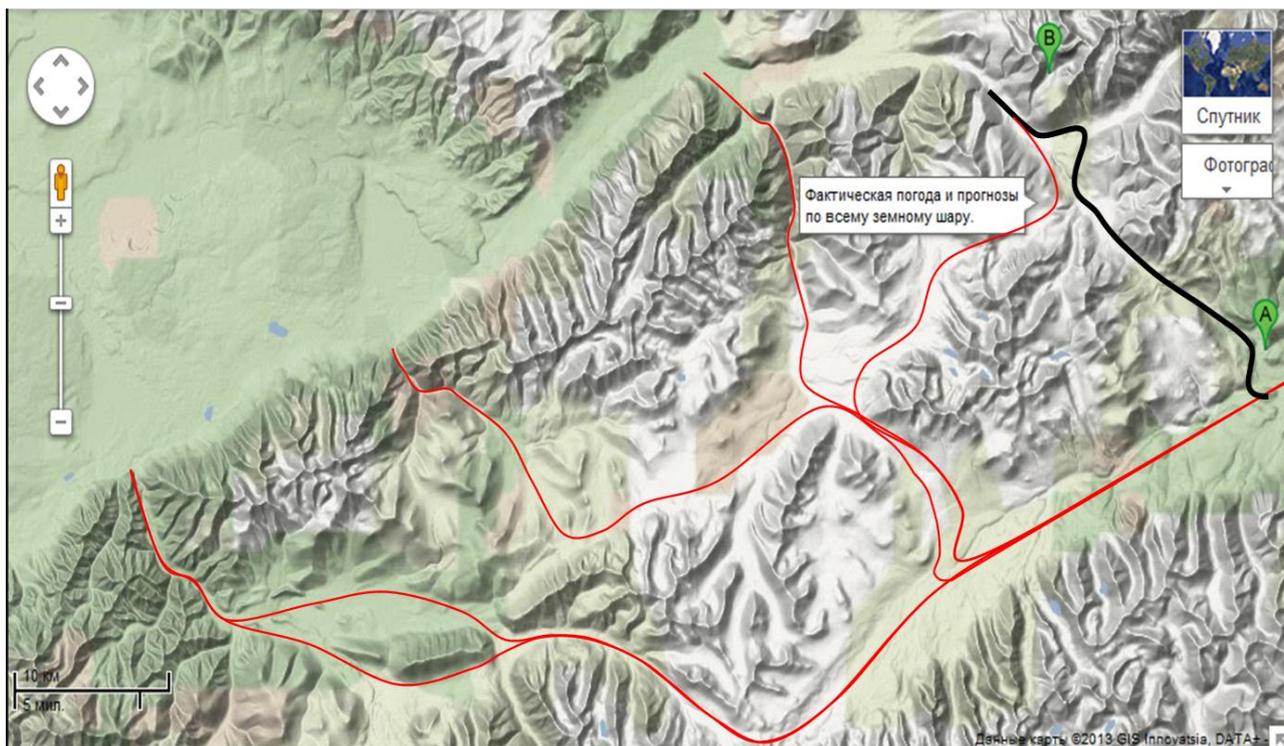


Рис. 9. Фото 5. А-В – Трасса БАМ с Северо-Муйским тоннелем и возможные варианты пересечения Северо-Муйского хребта без строительства тоннеля, А –Северомуйск, В – Ангаракан

Сложные сейсмотектонические условия района резко усложняют условия эксплуатации Северо-Муйского тоннеля. Значительные тектонические напряжения приводят к нарушению целостности обделки и гидроизоляции тоннеля и, как следствие, к поступлению подземных вод внутрь и их замерзанию на стенах тоннеля и на рельсошпальной решетке. Для обеспечения безопасности и бесперебойности движения поездов путейцы устанавливают обогреватели (фото 6 (рис.10)).

Также сложные сейсмотектонические условия в совокупности с геокриологическими условиями значительно усложняют условия эксплуатации подходов к тоннелю. В большей степени это относится к станции Казанкан, построенной с двумя главными и двумя приемоотправочными путями. Катастрофические деформации земляного полотна, начавшиеся в период строительства, продолжают по настоящее время. За прошедший период все пути кроме одного главного были демонтированы.

Капитальный ремонт земляного полотна с установкой сезонно-действующих охлаждающих установок (СОУ) не дал результата. Оттаивание многолетнемерзлых грунтов продолжается, вовлекая за собой деформации земляного полотна вместе с установленными СОУ. Просадки СОУ указывают на то, что оттаивание многолетнемерзлых грунтов происходит ниже области действия СОУ, установленных на глубину до 14-16 м.



Рис.10.Фото 6

Основной причиной тому является фильтрация подземных вод по тектоническим разломам, происходящая по данным бурения на глубинах 20-40 м. Фильтрация подземных вод приводит к растеплению многолетнемерзлых грунтов, представленных супесью пылеватой и проявлению процессов термосуффозии с образованием многочисленных и разных по размерам воронок.

Современное состояние земляного полотна и СОУ, установленных при строительстве в одном уровне верха, показано на фото 7 (рис.11).

Сравнительный анализ построенной основной площадки земляного полотна и ее современное состояние (охлаждающая скальная берма и мощность балластной призмы) показывает, что величина деформаций в пределах моста составляет не менее 3-4 м (см. фото 7).

Сложность природных условий, ход строительства, текущее состояние и условия эксплуатации Северо-Муйского тоннеля делают совершенно непонятным планы ОАО «РЖД» о строительстве второго Северо-Муйского тоннеля в результате чего, на сети железных дорог ОАО «РЖД» будет два самых барьерных места.



Рис.11. Фото 7. Мост на км 1374 пк 2+12 со скальной конструкцией и СОУ. Высота охлаждающей скальной бермы и балластной призмы около 3-х м. Октябрь 2008 г

Качество и обоснованность изысканий и разработки проектов капитального ремонта деформирующихся участков земляного полотна также не отражает всю сложность природных условий. Примером может служить участок капитального ремонта земляного полотна км 2903 – км 2908 перегона Дугда-Нора ДВост.жд.

На этом участке происходят значительные деформации земляного полотна и действует постоянное ограничение скорости 40 км/час. Выполняемые капитальные ремонты, включающие отсыпку охлаждающих скальных берм и нарезку водоотводных канав с двух сторон положительного эффекта не дают.

Вследствие малых продольных уклонов водоотводных канав происходят многочисленные застои воды, ее сбор с прилегающих участков слабосточной мари и, как следствие, значительное обводнение многолетнемерзлых грунтов основания, их оттаивание и проявление деформаций земляного полотна.

На фото 8 (рис.12) представлен космический фотоснимок [2], на котором выполнено дешифрирование тектонических, геоморфологических и геокриологических и других природных условий района.

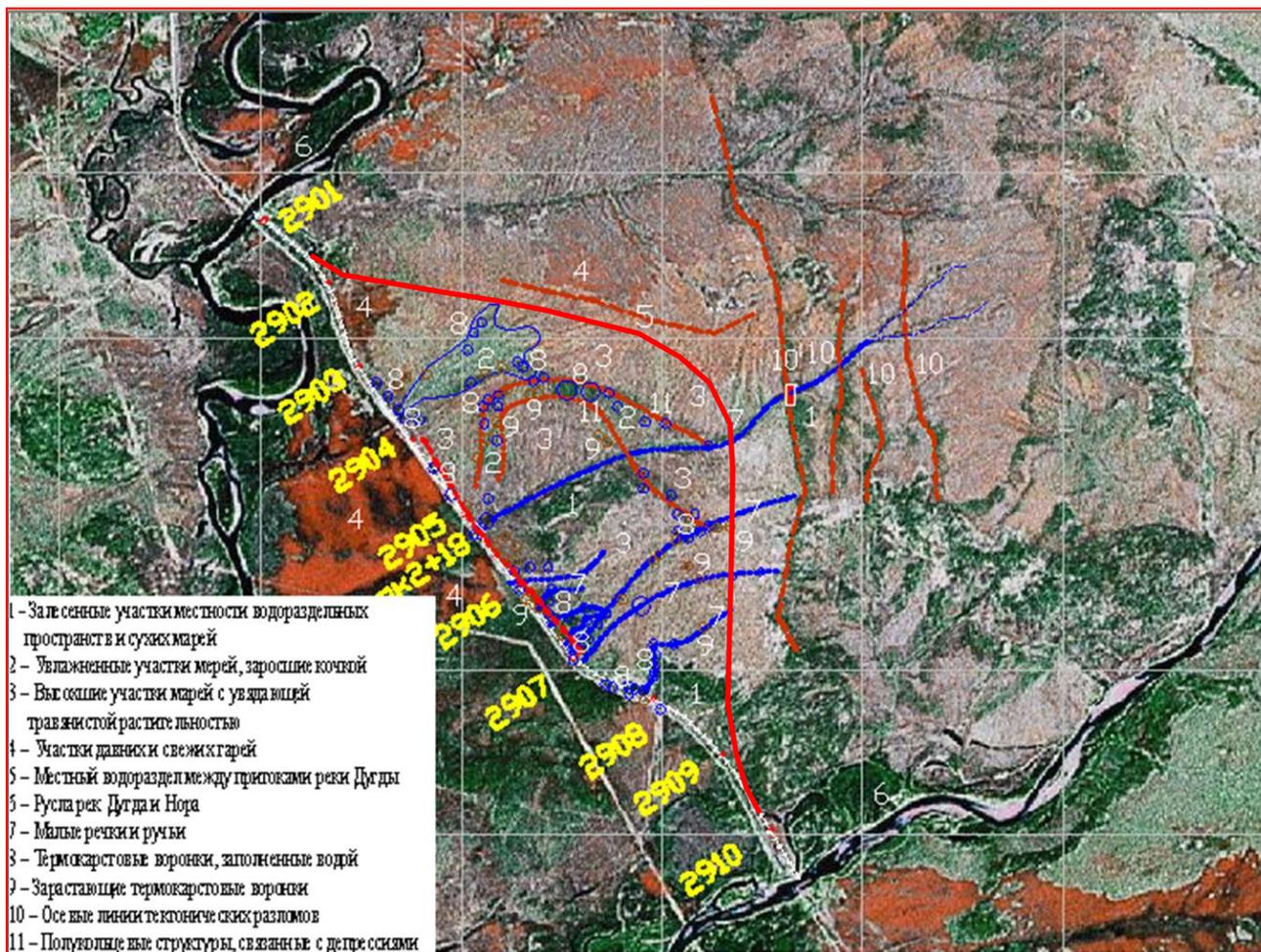


Рис.12. Фото 8. Космический фотоснимок Google, включающий деформирующийся участок земляного полотна на км 2903-км 2908 Дугда – Нора, ДВост.жд

В районе дешифрированы залесенные водоразделы (1), увлажненные участки марей, заросшие кочкой (2) и высохшие мари с увядающей растительностью (3). По направлению эрозионных стоков дешифрирован местный пологий водораздел между левыми притоками реки Дугда (5).

По кольцевым формам рельефа и темному и светлому фототону дешифрированы, соответственно, свежие и зарастающие термокарстовые воронки (8, 9).

По близкому к правильной форме очертанию и распространению термокарстовых воронок дешифрированы полукольцевые депрессии (11), по которым происходит разгрузка грунтовых вод, их приток и застой у подошвы земляного полотна и, как следствие, переувлажнение многолетнемерзлых грунтов основания, их оттайка и деформации земляного полотна.

По данным геологических и сейсмических обследований глубина залегания многолетнемерзлых грунтов в основании земляного полотна достигла 14-16 м. В то время как на прилегающей территории на естественных марях в 15-20 м от подошвы насыпи глубина залегания многолетнемерзлых грунтов составляет 1,2-1,5 м.

Кроме того, проектирование плана перегона Дугда – Нора по местным водоразделам (сплошная красная линия на фото 8) позволило бы избежать проявления деформаций.

В результате анализа проектов вторых путей и реконструкции (модернизации) эксплуатируемых железных дорог установлено, что кроме перечисленных выше проблем идентичной оценки всей сложности природных условий, добавляются авторитарные, ведомственные проблемы.

В технических заданиях указывается с одной стороны требование о проектировании плана и продольного профиля в соответствии с современными СП [3], с другой – о проектировании плана и продольного профиля вторых путей или реконструируемых железных дорог с максимальным сохранением плана и профиля существующего пути или существующего земляного полотна.

В современных условиях проектирование вторых путей и реконструкция эксплуатируемых железных дорог выполняется, как правило, для особогруженонапряженных линий.

В границах Восточного полигона параметры плана и продольного профиля и земляное полотно существующих линий значительно отличаются от требований современных СП [3]. В первую очередь это относится к параметрам плана, характеризующим наличием кривых малых радиусов 300 м и менее, прямых вставок длиной меньше требуемой по СП [3] или их отсутствием и переходных кривых недостаточной длины. В соответствии с современными СП [3] минимальный радиус кривых для железных дорог особогруженонапряженной категории равен 1000 м и минимальная длина прямых вставок – 50 м. Очевидно, что при проектировании вторых путей и реконструкции эксплуатируемых железных дорог привести параметры плана в соответствии с требованиями современных СП [3] в пределах существующего земляного полотна невозможно.

Аналогично с проектированием плана также и при проектировании продольного профиля вторых путей и реконструируемых железных дорог не решается вопрос о снятии ограничений в движении поездов весом 6300 и 7100 т. В первую очередь это относится к ликвидации участков кратной тяги, которые требуют применение толкачей для движения поездов и их обратного порожнего пробега, что в совокупности приводит к уменьшению наличной пропускной способности.

Например, на линии Пивань-Советская Гавань на участке существующего Кузнецовского тоннеля уклон кратной тяги был равен 27 ‰, на участке Нового Кузнецовского тоннеля – 18 ‰. На линии Угловая-Находка при проектировании реконструкции участка Анисимовка – Партизанск с уклоном кратной тяги равным 27 ‰ рассматривались варианты с уклонами 14 ‰ и 12 ‰ и с одним или двумя тоннелями, соответственно. В обоих случаях, условия рельефа позволяют проектирование участков с руководящим уклоном 9 ‰, что по сравнению с затратами на строительство тоннелей и применение кратной тяги при увеличении объемов перевозок может быть экономически выгодным.

С руководящим уклоном 9 ‰ разрабатывался вариант третьего пути Шкотово-Находка в обход станций Смоляниново и Партизанск с находящимися на них предприятиями локомотивного депо и дистанции пути. Анализ рельефа показывает, что, как и первых двух случаях, проектирование третьего пути возможно с руководящим уклоном 9 ‰ и через станции Смоляниново и Партизанск.

В заключении следует отметить еще одну проблему – отсутствие автоматизированных систем оптимального проектирования плана и профиля новых линий, вторых путей и реконструкции эксплуатируемых железных дорог. Наиболее широко применяемая в настоящее время «Robur Topomatic» представляет собой интерактивную систему, проектирование с применением которой выполняет инженер, что вносит субъективизм в проектные решения, определяемый знанием инженера и, в конечном счете, не позволяет получать оптимальные проектные решения. Примером может служить участок длиной 126 км Де-Кастри – Мыс Лазарев проектируемой железнодорожной линии Селихин – Ныш (о. Сахалин). В результате корректировки плана и профиля по предложениям автора объем земляных работ сократился на 1700000 м³, что равнозначно участку железной дороги длиной 126 км с высотой насыпи около 1,5 м.

Таким образом, приведенные примеры наглядно показывают влияния качества и обоснованности изысканий на качество разработки проектов, как новых железных дорог, так и вторых путей, реконструкции и капитального ремонта эксплуатируемых железных дорог.

Отсутствие автоматизированных систем оптимального проектирования не позволяет получать оптимальные проектные решения по плану и профилю новых линий, вторых путей и реконструируемых железных дорог.

Список литературы

1. Стратегия развития сети железных дорог Российской Федерации до 2030 года. – М.:ОАО «РЖД», 2007. – 36 с.
2. Интернет ресурс – <https://Google-Earth-Pro.ru>.
3. СП 237.1326000.2015. Инфраструктура железнодорожного транспорта. Общие требования, – 2015.

Контактная информация:

Богданов Андрей Иванович – кан. тех. наук, доц.; abogdanov561@yandex.ru

Author's information:

Andrey I. Bogdanov – PhD. Eng. Sci, Associate Professor; abogdanov561@yandex.ru

Смирнов В.Н.¹, Непряхин Е.В.²

Петербургский государственный университет путей сообщения
Императора Александра I¹, Санкт-Петербург
ООО «Нева ТрансПроект»², Санкт-Петербург

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ РЕШЕНИЯМ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПРОЛЕТНЫХ СТРОЕНИЙ МОСТОВ НА ВСМ

В связи с необходимостью проектирования мостовых сооружений на высокоскоростной железнодорожной магистрали (ВСМ) Москва-Петербург в статье рассматриваются возможные конструктивно-технологические решения эстакад и мостов с большими пролетами на ВСМ. Для многопролетных эстакад предлагается использование неразрезных пролетных строений из монолитного железобетона, сооружаемых методом циклической продольной надвижки (ЦПН), при пересечении больших водотоков рекомендуются неразрезные железобетонные пролетные строения, сооружаемые методом навесного бетонирования. Предлагаются решения по минимизации резонансных явлений в процессе следования по эстакадам временной подвижной нагрузки.

Ключевые слова. Эстакады и мосты, высокоскоростное движение, конструкции и технологии, резонансные явления

Smirnov V. N.¹, Nepryakhin E. V.²

Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University¹, Saint Petersburg
LLC "Nevatransproject"², Saint Petersburg

PROPOSALS FOR STRUCTURAL AND TECHNOLOGICAL SOLUTIONS FOR REINFORCED CONCRETE BRIDGE SPANS ON THE HSR

In connection with the need to design bridge structures on the Moscow-Petersburg high-speed railway (HSR), the article considers possible structural and technological solutions for overpasses and bridges with large spans on the HSR. For multi-span overpasses, it is proposed to use continuous spans made of monolithic reinforced concrete, constructed by the method of cyclic longitudinal sliding (CPN), when crossing large watercourses, continuous reinforced concrete spans, constructed by the method of suspended concreting, are recommended. Solutions are proposed to minimize the resonant phenomena in the process of following the temporary mobile load along the overpasses.

Keywords. Overpasses and bridges, high-speed traffic, structures and technologies, resonant phenomena

Для строительства мостовых сооружений на предполагаемой к строительству высокоскоростной железнодорожной магистрали (ВСМ) Москва-Петербург предполагается строительство большого количества многопролетных эстакад с

балочными пролетными строениями, выполненными из преднапряженного железобетона. Конструктивные решения в настоящее время активно обсуждаются. Среди них можно выделить монолитные и сборные разрезные балки длиной от 20 до 50 м. По опыту зарубежных ВСМ в практике строительства мостов ВСМ /1, 2, 3/ для таких пролетов используются чаще коробчатые балки, каждая коробка под два пути (рис. 1)

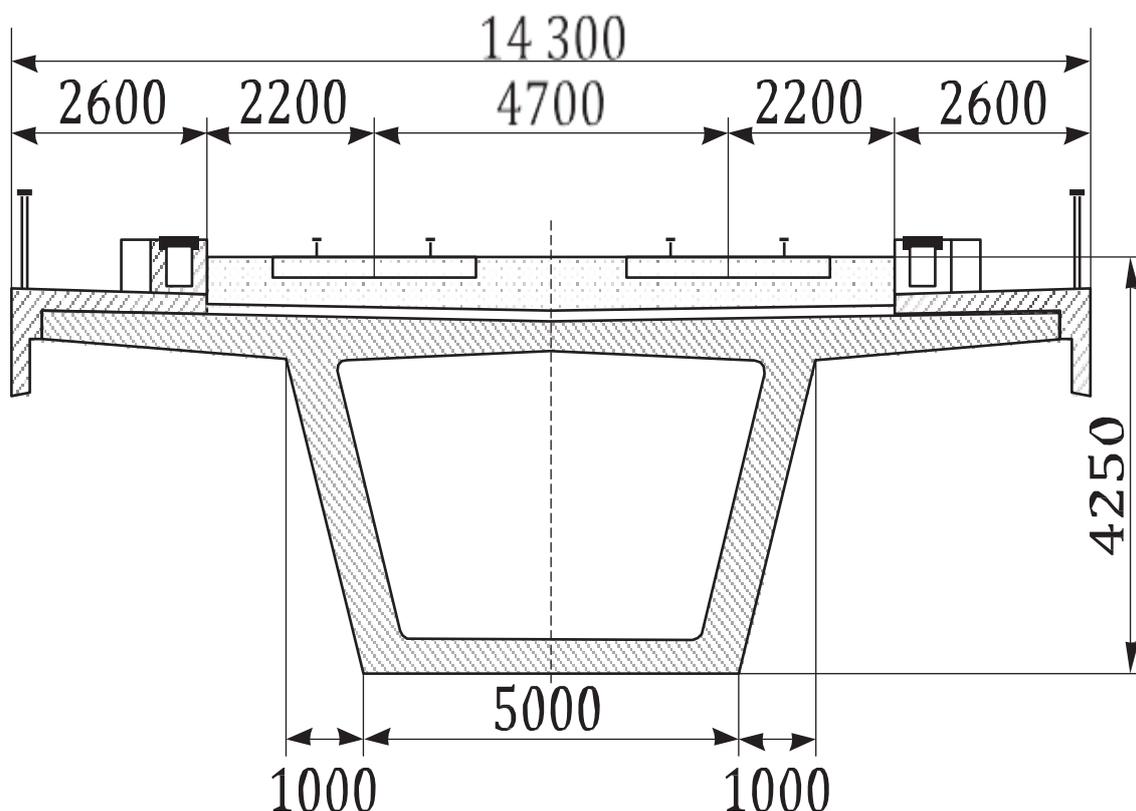


Рис. 1. Типовое пролетное строение на мостах ВСМ в Германии

Они могут быть решены как в сборном, так и в монолитном варианте.

Применение сборных разрезных коробчатых балок на ВСМ

Сборные конструкции изготавливаются в непосредственной близости от проектируемой трассы на приобъектных заводах МЖБК, число которых на линии определяется на основании технико-экономических расчетов. Расстояния между заводами МЖБК, расположенными вдоль оси трассы подбирается в зависимости от заданных сроков строительства и в значительной степени зависит от протяженности проектируемой эстакады. На заводе решаются все задачи по изготовлению коробчатых пролетных строений;

1. Сооружаются стенды
2. Монтируется металлическая опалубка коробок
3. Изготавливаются арматурные каркасы и сетки
4. Производится натяжение арматуры на упоры стендов

5. Выполняется бетонирование коробчатой балки

После набора бетоном необходимой прочности и передачи сил натяжения арматуры на конструкцию, балка подается на модульный транспортер и перемещается на площадки, выделенные для складирования балок, с последующей транспортировкой под монтажный кран. В качестве такового строители из Китая, Италии и других стран использовали консольно-шлюзовый агрегат, способный монтировать блоки массой более тысячи тонн каждый (рис.2).



Рис. 2. Общий вид консольно-шлюзового агрегата (КША)

Монтаж Ж-Б коробок

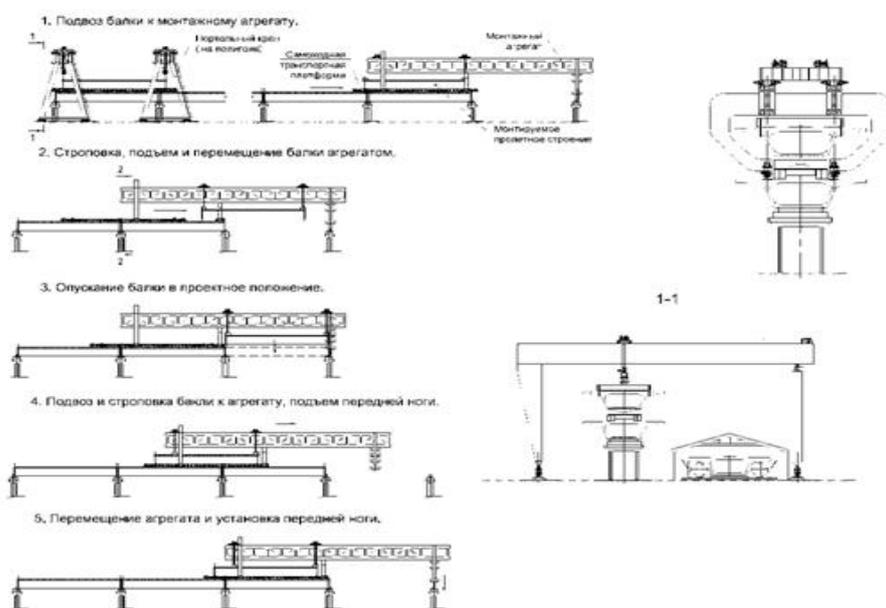


Рис. 3. Монтаж железобетонных коробок консольно-шлюзовым агрегатом

Монтаж заключается в подаче блока под агрегат по оси эстакады на специальных многоосных трейлерах или козловыми кранами большой грузоподъемности. Отметим, что вес одного коробчатого блока длиной 23,6 м составляет 609 т, длиной 33,2 м - 784 т, а длиной 50 м - 1158 т. Технология монтажа показана на рис. 2 и заключается в том, что агрегат устанавливается с опиранием на три опоры (на рисунке видно, что при этом две его ноги опираются на смонтированное ранее пролетное строения, а первая по ходу нога - на капитальную опору). Балка шлюзуется между ногами агрегата, передний ее конец подхватывается передней по ходу монтажа грузовой тележкой, которая перемещается вперед (к реке), затем другая грузовая тележка подхватывает другой конец балки, после чего балка устанавливается на опорные части.

Достоинства метода:

- механизация строительства, с минимальными затратами человеческих ресурсов и единиц техники и отсутствия необходимости перевозки негабаритных пролетных строений по улично-дорожной сети;
- высокое качество изготовления блоков (учитывая, что стенды устраиваются в крытом помещении практически в заводских условиях, при высоком уровне заводской инспекции, контролирующей качество работ;

- Сокращение сроков строительства, возможность ведения параллельных работ по сооружению опор и монтажу балок.

К **недостаткам** технологии можно отнести:

- необходимость изготовления консольно-шлюзового агрегата большой грузоподъемности с учетом индивидуальных характеристик (грузоподъемность, габариты и спектр выполняемых работ);

- сложность транспортировки блока большой массы по свежесыпанной насыпи подхода;

- возможность исключительно последовательного метода монтажа балок ("с головы").

Экономическая целесообразность применения консольных агрегатов обосновывается протяженностью трассы с единообразными типовыми конструктивными решениями опор и пролетных строений.

Балки коробчатого сечения из монолитного железобетона

Чтобы избежать изготовления консольно-шлюзового агрегата и опасного перемещения изготовленной на полигоне сверхтяжелой балки по свежесыпанной насыпи подхода к эстакаде можно предложить бетонирование балки на сборно-разборных подмостях. При этом подмости могут устраиваться как **на всю длину эстакады**, так и **на часть длины** с постепенной разборкой и сборкой подмостей для изготовления последующих пролетных строений.

В первом случае достигается упрощение технологии сооружения пролетных строений, может быть реализована возможность работы на нескольких пролетах одновременно, что позволяет сократить сроки изготовления пролетных строений. Однако при этом требуется наличие элементов подмостей в весьма больших объемах, особенно при необходимости строительства эстакад большой длины.

Во втором случае элементы разобранных подмостей используются для монтажа подмостей в следующих пролетах (рис. 4).

Бетонирование ж-б коробок на сплошных подмостях

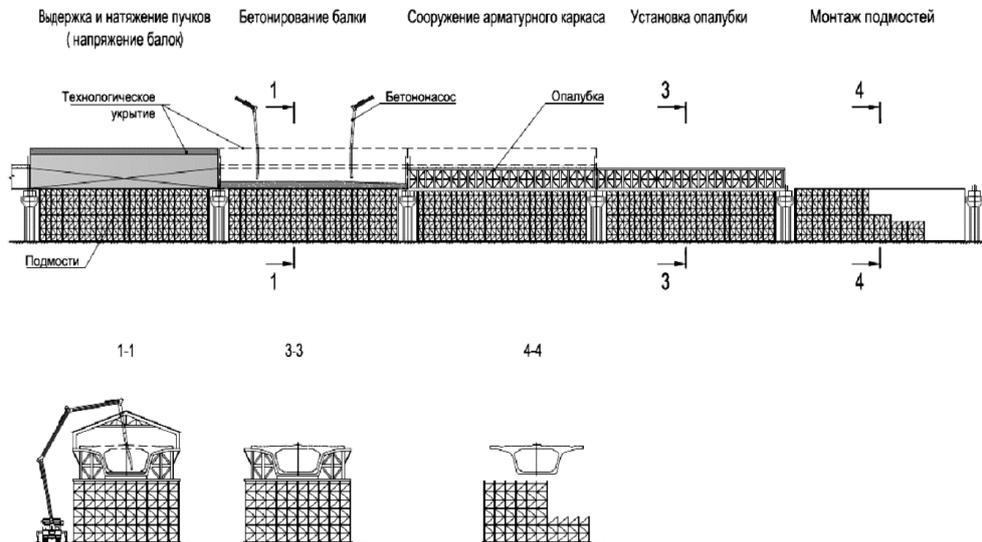


Рис. 4. Изготовление железобетонных пролетных строений на сплошных подмостях

На рис. 4 показано 5 этапов по изготовлению разрезной коробчатой балки. Работы ведутся одновременно в пяти пролетах эстакады:

- в пятом (самом дальнем от устоя) пролете сооружаются подмости;
- в четвертом пролете в это время на подмостях сооружается опалубка пролетного строения;
- в третьем пролете на подмостях в опалубке изготавливается и устраивается арматурный каркас балки;
- во втором от устоя пролете в опалубку укладывается бетонная смесь;
- в первом от устоя пролете осуществляется в это время набор прочности бетона и натяжение напрягаемой арматуры с последующим инъектированием раствора в каналы, устроенные внутри балки.

После завершения работ в пятом пролете производится раскружаливание пролетного строения этого пролета и демонтаж подмостей, которые затем монтируют в шестом от устоя пролете. Процесс далее повторяется. Поточный метод позволяет, используя 5 комплектов подмостей, сокращать сроки строительства и, ввиду специализации бригад, обеспечивать высокую производительность труда.

Достоинством метода можно считать отсутствие необходимости в консольно-шлюзовом агрегате колоссальной грузоподъемности, в возведении приобъектных заводов МЖБК по изготовлению балок, отсутствие модульных

транспортеров большой грузоподъемности, грузоподъемных средств для погрузки блоков на транспортные средства.

Недостаток технологии проявляется в холодное время года, когда требуются специальные меры по недопущению замораживания бетона в процессе изготовления блоков. Вторым недостатком "монолитной" технологии заключается в необходимости устройства автодорог для доставки бетонной смеси к месту ее укладки. Третий недостаток - требуется устройство мобильных бетонных заводов по производству бетонной смеси по длине трассы. При "монолитной" технологии труднее обеспечить высокое качество бетона пролетных строений, требуется высокая культура производства работ, высокая степень организации надзора за качеством приготовления и укладки бетонной смеси в условиях стройплощадки.

Изготовление коробчатых балок из монолитного железобетона на перемещающихся подмостях в пролете

Сборно-разборные подмости в случае эстакад большой длины требуют многократного выполнения работ по монтажу и демонтажу. Это достаточно трудоемко. Избежать этого дает возможность применение перемещающихся подмостей, позволяющих вести поперечное бетонирование с помощью агрегата, на котором подвешены подмости с закрепленной на них опалубкой пролетного строения. Агрегат существенно меньшей грузоподъемности, чем агрегат для монтажа сборных коробчатых блоков пролетных строений большой массы. Конструкция его представлена на рис. 5.

Бетонирование коробок на перемещающихся подмостях

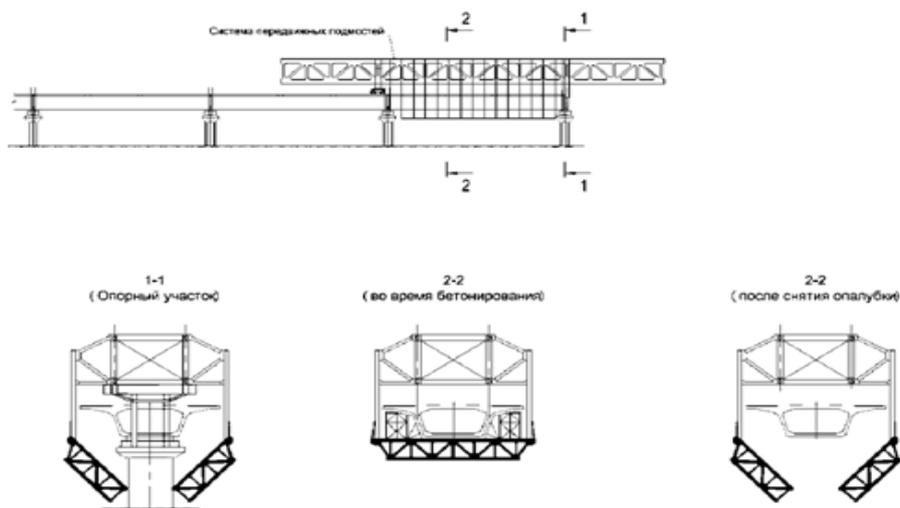


Рис. 5. Изготовление пролетных строений на перемещающихся подмостях

Видно, что подмости значительно проще по конструкции, чем агрегат при "сборной" технологии. Особенностью подмостей является возможность их раскрытия для проезда над постоянной опорой.

Коробчатые неразрезные балки с пролетами до 50 м из монолитного железобетона

Неразрезные балки в сравнении с предлагаемыми разрезными конструкциями имеют повышенную жесткость и плавную линию прогибов, что является важнейшими достоинствами для мостов ВСМ. Поэтому использование неразрезных пролетных строений постоянной высоты из монолитного железобетона при пролетах до 50 м представляется также целесообразным.

Технология сооружения таких пролетных строений известна - это метод ЦПН (циклической продольной надвигки), заключающийся в том, что пролетное строение посекционно сооружается на специальном стапеле за устоем на насыпи подхода. После набора бетоном секции необходимой прочности производится натяжение на бетон напрягаемой арматуры в виде канатов (в том числе общих для соединяемых секций). Далее пролетное строение по устройствам скольжения, размещенным на опорах, передвигается к реке. Для уменьшения монтажных усилий в надвигаемой коробчатой балке к первой железобетонной секции крепится аванбек - легкая металлическая конструкция, обеспечивающая "въезд" консоли пролетного строения на накаточные устройства опоры.

Опыт использования метода имеется. Например, в зарубежной практике мост на скоростной линии Ганновер - Вюрцбург в долине р. Майн (Германия), где надвигалось железобетонное балочное пролетное строение длиной 1262 м и массой 42500 т.

Неразрезные балки коробчатого сечения пролетом более 50 м из монолитного железобетона

При пролетах более 50 м применение разрезных балок становится нерациональным, и встает вопрос о применении неразрезных железобетонных, сталежелезобетонных или стальных пролетных строений. Учитывая, что при высокоскоростном движении поездов большую роль играет динамическая работа пролетных строений, представляется целесообразным использовать для больших пролетов преимущественно железобетон как обладающий значительно более высокими диссипативными свойствами, чем металл (рис. 6).



ПРОЛЕТНЫЕ СТРОЕНИЯ ДЛЯ УЧАСТКОВ ВЫСОКОСКОРСТНОГО ДВИЖЕНИЯ

НЕРАЗРЕЗНОЕ ПРЕДВАРИТЕЛЬНО НАПРЯЖЕННОЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОЕ ПРОЛЕТНОЕ СТРОЕНИЕ (монолитное)

- 40,60+66,0+40,60
 - Расчетный пролет - 40+60+40.
 - Изготовление в проектном положении
- Стр. высота - 3 377 (в пролете), 6177 (на опоре)
Масса - 5 775,5 т.

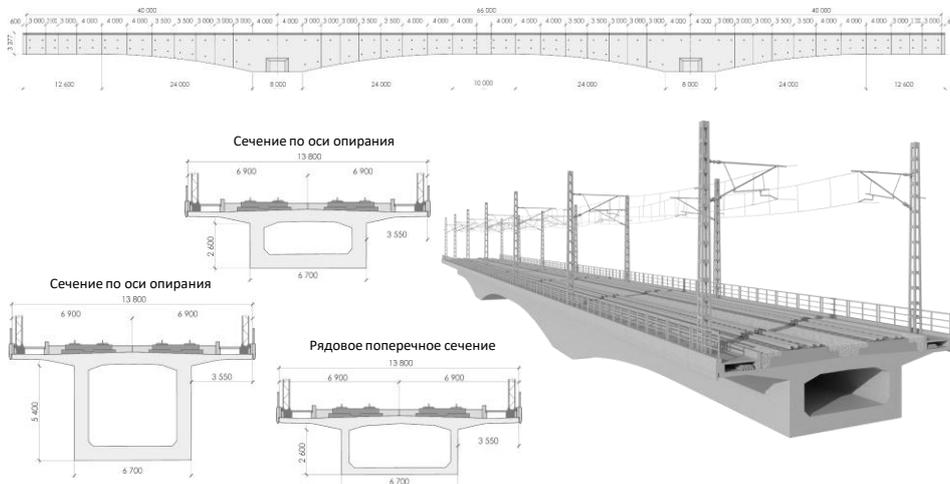


Рис. 6. Неразрезное пролетное строение под ВСМ проектировки Института Гипростроймост для ВСМ Москва-Казань

Методы сооружения таких пролетных строений, имеющих, как правило, переменную высоту, известны и широко используются в практике отечественного мостостроения.

В первую очередь это наплавной монтаж секций неразрезного пролетного строения, предполагающий изготовление секции на берегу с последующей ее доставкой в пролет на плавучих опорах.

Другим способом, также применяемым нашими мостостроителями, является навесное бетонирование, когда пролетное строение наращивается от опоры вдоль моста консолями по секционному, причем для бетонирования секции длиной 3-5 м используются подмости с такой же длиной. В отечественной практике можно отметить городской мост в Иркутске, где сравнительно недавно было реализовано навесное бетонирование пролетных строений с пролетами 105 м.

Возможность применения того или иного способа определяется местными условиями

Выбор конструктивно-технологического решения для мостовых сооружений эстакадного типа

При проектировании эстакад ВСМ для обеспечения следования высокоскоростных поездов с постоянной заданной скоростью необходимо по всей длине трассы иметь у эстакад одинаковые пролеты. Величина оптимального пролета назначается из условия недопущения резонансных режимов движения поездов с критическими скоростями, при которых возможны динамические коэффициенты, в разы превышающие до сих пор известные.

Рекомендуется в этой связи следующий порядок работ при проектировании эстакад:

а) Заказчиком для всей трассы (кроме большепролетных мостов) устанавливается скорость движения высокоскоростных поездов (например, $V_{уст}=350$ км/ч);

б) Заказчиком определяется возможный набор типов временной подвижной нагрузки (желательно один тип), конкретно, длина экипажа B (например, $B=20,1$ м);

в) Проектировщиком разрабатываются эскизные проекты пролетных строений различной длины при разрезной системе и пролетом при неразрезной (например, $L=20,0$; $L=30,0$; $L=40,0$; $L=50,0$ м) с определением первой и второй собственных частот каждого пролетного строения ν_1 , ν_2 .

г) Определяются критические (резонансные) скорости движения подвижной нагрузки по эстакаде с пролетными строениями длиной $L=20,0$; $L=30,0$; $L=40,0$; $L=50,0$ м при разрезной системе и аналогичными пролетами при неразрезной по формуле

$$V_{кр}=B \nu \text{ (м/с)}$$

где B - длина экипажа; ν - собственная частота пролетного строения.

В случае близости величин скоростей установленной и критической ($V_{уст}$ и $V_{кр}$) следует изменить инерционно - жесткостные параметры пролетного строения с целью изменения величины его собственной частоты и выведения таким образом колебаний балки из резонансной зоны.

д) При установленной заказчиком скорости движения и заданной длине экипажа подвижной нагрузки все запроектированные таким образом пролетные строения не будут испытывать резонансных колебаний. Выбор оптимальной длины пролетного строениями может определяться теперь чисто экономическими соображениями.

Выбор технологии применительно к ВСМ Москва - Петербург

Для выбора оптимальной технологии строительства протяженных мостовых сооружений эстакадного типа на ВСМ Москва-Петербург из представленных вариантов необходимо знать конструктивные решения искусственных сооружений по всей длине однотипных участков ВСМ с объемами конструкций, а также директивные сроки строительства. Это позволит обоснованно определить расстояния между приобъектными мобильными бетонными заводами при монолитных пролетных строениях и выбрать оптимальный вариант технологии производства работ.

Сроки монтажа пролетных строений сборной эстакады ВСМ консольно-шлюзовым агрегатом в основном определяется сроками строительства опор, т.к. балки пролетных строений изготавливаются на заводе МЖБК параллельно со строительством опор. Готовые балки складываются на заводе на специаль-

ных площадках для складирования в ожидании начала монтажа, которое определяется календарным планированием.

Успешность применения "монолитных" технологий в значительной мере определяется условиями поставок бетонной смеси к объекту строительства.

Заключение

1. При проектировании эстакад ВСМ для обеспечения следования высокоскоростных поездов с постоянной заданной скоростью необходимо по всей длине трассы иметь у эстакад одинаковые пролеты. Величина оптимального пролета назначается из условия недопущения резонансных режимов движения поездов с критическими скоростями, при которых возможны динамические коэффициенты, в условиях высокоскоростного движения поездов в разы превышающие величины при обычных скоростях движения.

2. Для сооружения мостовых сооружений эстакадного типа с пролетами до 40-50 м возможно применение как сборных, так и монолитных конструкций железобетонных пролетных строений. Выбор определяется местными условиями. Тем не менее, представляется предпочтительным применение для пролетных строений однокоробчатых пролетных строений из монолитного железобетона, сооружаемых с использованием метода циклической продольной надвижки (ЦПН).

3. При перекрытии больших водотоков, требующих пролетов моста более 50 - 60 м целесообразно использование железобетонных однокоробчатых пролетных строений переменной высоты, сооружаемых наплавным способом или навесным бетонированием.

Список литературы

1. Смирнов В.Н., Дьяченко Л.К. Специальные вопросы проектирования и строительства транспортных объектов: курс лекций / В.Н. Смирнов, Л.К. Дьяченко - СПб.: ФГБОУ ВО ПГУПС, 2019. 140 с.

2. Непряхин Е.В., Николаев А.А. Анализ технологии монтажа железобетонных конструкций в элементах мостовых сооружений на ВСМ / Сборник Новые технологии в мостостроении 2017г.

3. Смирнов В.Н., Непряхин Е.В. Технология сооружения железобетонных пролетных строений мостов на высокоскоростной магистрали Москва - Санкт-Петербург. СПб, Дорожная держава, №101/2021. С. 78-83.

Контактная информация:

Смирнов Владимир Николаевич – д-р. тех. наук, проф.; mt@pgups.ru

Непряхин Евгений Викторович – начальник отдела; info@ntprf.ru

Author's information:

Vladimir N. Smirnov – D. Eng. Sci, Professor; mt@pgups.ru

Evgeniy V. Nepryakhin – head of department; info@ntprf.ru

УДК 656.2-021.5

В.С. Шварцфельд

Петербургский государственный университет путей
сообщения императора Александра I, Санкт-Петербург

ОЦЕНКА ПРОЕКТНЫХ АЛЬТЕРНАТИВ РАЗВИТИЯ ПОЛИГОНА СЕТИ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ

В статье рассматриваются вопросы, связанные оценкой проектных альтернатив развития полигона сети железных дорог. Рассматриваемую проблему предлагается сводится к поиску эффективной области альтернатив развития каждого полигона сети железных дорог, входящих в состав рассматриваемого региона в увязке с принятой стратегией и разработанными сценариями его экономического развития. Поиск эффективной области альтернатив осуществляется для каждого сценария в отдельности и заключается в формировании возможных альтернатив различных уровней иерархии полигона сети железных дорог. Для каждой альтернативы определяется необходимый объем капитальных вложений и размер снижения эксплуатационных расходов, получаемый в результате реализации мероприятий, включенных в альтернативу развития полигона сети железных дорог или отдельных ее элементов. На каждом иерархическом уровне производится оценка возможных альтернатив по техническим и экономическим показателям с целью отсева неконкурентных и неэффективных. На основании комплексной оценки обосновывается целесообразность реализации плана социально-экономического развития полигона сети железных дорог на основе определения показателей коммерческой эффективности.

Ключевые слова: проектная альтернатива, полигон сети железных дорог, сценарий экономического развития региона, уровни иерархии полигона сети железных дорог.

EVALUATION OF DESIGN ALTERNATIVES FOR THE DEVELOPMENT OF THE RAILWAY NETWORK

Shvartcfeld V.S.

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

The article deals with issues related to the evaluation of design alternatives for the development of the railway network landfill. The problem under consideration is proposed to be reduced to the search for an effective area of alternatives for the development of each polygon of the network of railways that are part of the region under consideration in conjunction with the adopted strategy and developed scenarios for its economic development. The search for an effective area of alternatives is carried out for each scenario separately and consists in the formation of possible alternatives of various levels of the hierarchy of the polygon of the railway network. For each alternative, the required amount of capital investments and the amount of reduction in operating costs resulting from the implementation of measures included in the alternative to the development of the landfill of the railway network or its individual elements are determined. At each hierarchical level, possible alternatives are evaluated according to technical and economic indicators in order to eliminate non-competitive and inefficient/

Keywords: the project alternative, the polygon of the railway network, the scenario of economic development of the region, the hierarchy levels of the polygon of the railway network.

Одной из актуальных и сложных проблем для железнодорожного транспорта является обоснование развития полигонов сети железных дорог. Оценке проектных альтернатив отдельных железных дорог, а также полигонов сети железных посвящено достаточно много работ, в том числе и ряд работ автора данной статьи в соавторстве с другими исследователями [1, 2, 3, 4, 5]. Рассмотрим один из возможных подходов к решению рассматриваемой проблемы.

Стратегия регионального развития – способ (средство) достижения намеченных целей, который определяет приоритеты развития региона; обосновывает экономические, финансовые и организационные механизмы; является основой для формирования сценариев его экономического развития.

Под сценарием экономического развития региона предлагается понимать комплексный план действий субъектов РФ, входящих в данный регион, направленный на стабилизацию и развитие экономики и заключающийся в определении приоритетных инвестиционных объектов, очередности и порядка их создания (реконструкции). Сценарий экономического развития региона определяет горизонт расчета – период времени, в течение которого планируется реализация инвестиций. В рамках сценария, может быть, множество возможных альтернатив изменения конфигурации и мощности полигона сети железных дорог (ПСЖД), входящий в рассматриваемый регион.

Под проектной альтернативой изменения конфигурации и мощности ПСЖД понимается совокупность предложений (мероприятий), намечаемых к реализации в течение расчетного периода (горизонта расчета) на объектах ПСЖД, направленных на достижение целей (экономических, социальных, экологических, стратегических и др.), обусловленных сценарием социально-экономического развития региона и формирующих объем потребных инвестиций. По сути, альтернатива – это вариант проекта развития исследуемой системы или комплексный план социально-экономического развития ПСЖД на заданный сценарием горизонт расчета.

Анализ проектных альтернатив состоит в детальном изучении технического состояния полигона сети железных дорог и выдаче тех или иных обоснований по целесообразности осуществления совокупности предложений, повышающих эффективность и надежность работы полигона сети железных дорог и, в случае необходимости, приводящих к изменению его развития.

Выбор той или иной стратегии развития региона зависит от масштабов его ресурсного потенциала, внешних условий и факторов, а также способности органически вписываться в стратегию развития страны и составлять с ней единое целое. Структура стратегии развития региона в общем случае состоит из четырех содержательных блоков (рис. 1), представляющих собой методику последовательно выполняемых процедур:

- оценки и анализа внутренних и внешних факторов развития региона; изучение его ресурсных возможностей и ограничений;
- изучения предложений, концентрируемых в региональных программах и других документах;
- выбора стратегии регионального развития, т.е. определение основных приоритетов развития, средств и методов достижения поставленных целей;
- формирования сценариев экономического развития и этапов реализации стратегического плана.

Большое влияние на стратегию и сценарии экономического развития региона оказывают:

- экономическая политика государства (концепция реформирования экономики и ее составных частей: кредитно-денежной, инвестиционной, внешне-экономической, налоговой и бюджетной);
- единая правовая и организационно-экономическая база;
- состояние экономики в целом (в частности, темпы инфляции, уровень занятости населения, налоговые ставки и др.);
- стабильность политической обстановки;
- соответствие цели развития региона государственным задачам.

На основании сценариев экономического развития региона должны разрабатываться отраслевые и территориальные программы – целевые комплексные документы, в которых позиции сценария получают подробное и конкретное обоснование, а также согласование проблемных вопросов.

В постоянно изменяющихся экономических условиях в зависимости от стратегии, внешних и внутренних факторов возможны различные сценарии развития региона, предусматривающие эволюционное или интенсивное развитие. Сценарии с эволюционным развитием региона связаны с постепенным внедрением элементов рыночных отношений и смягчения социальных последствий рыночных преобразований. При этом предусматривается, что реализация выбранного сценария развития будет осуществляться по следующим этапам:

- преодоление кризиса;
- стабилизация и формирование эффективной структуры производства и социальной сферы;
- комплексное и сбалансированное развитие.



Рис. 1. Структура стратегии развития региона

Сценарии, предусматривающие интенсивный путь экономического развития, требуют больших инвестиций, на которые в сложившихся современных условиях трудно рассчитывать. Сохранение же экстенсивной экономики неизбежно приведет к исчерпанию ресурсного потенциала. Поэтому, наиболее перспективным направлением является интенсивный путь

развития. Реально возможен выбор между двумя различными моделями достижения стратегических целей – инерционной и конверсионной.

Инерционная модель предполагает длительное сохранение уже сложившихся функций региона в общероссийской системе разделения труда.

Конверсионная модель направлена на преобразование экономики региона на преимущественно интенсивной основе. Прежде всего, она активизирует экономическое кооперирование, объединение усилий и ресурсов смежных территорий (субъектов РФ). Эта модель привлекательна тем, что расширяет ресурсную базу и направления ее развития, концентрирует усилия нескольких субъектов РФ на решение крупных региональных задач. Один из возможных путей интеграции регионов – создание экономических ассоциаций субъектов РФ. В этом отношении в различных регионах России созданы ассоциации “Черноземье”, “Северо-Запад”, “Дальний Восток и Забайкалье” и др., в которых уже накоплен определенный опыт комплексного решения проблем регионов.

Главным направлением конверсионной модели является максимальное использование собственных ресурсов и других предпосылок социально-экономического развития, способствующих переводу экономики региона на преимущественно интенсивный путь развития. В этом случае обеспечивается высокая маневренность региональной экономики, возможность поэтапной смены приоритетов, очередность в реализации решений. Такой подход к формированию сценариев экономического развития региона способствует созданию в регионе инвестиционного климата, стимулирующего развитие рыночных отношений, привлекательного для предпринимателей, облегчающего вхождение региона как в российский, так и мировой рынки.

Для формирования альтернатив развития сети железных дорог должны быть известны сценарии экономического развития региона. Каждый сценарий однозначно определяет объемы производимой продукции, предъявляемые к перевозке железнодорожным транспортом; горизонт расчета; транспортно-экономические связи; новые объекты освоения природных ресурсов и т.п.

Так, например, в общем случае, если рассматриваемый регион имеет огромный потенциал природных ресурсов, то варианты (альтернативы) их освоения, совместно со стабилизацией работы промышленных предприятий, формируют сценарии развития экономики региона.

В рамках альтернативы развития полигона сети железных дорог можно выделить два класса мероприятий: зависящие и частично зависящие от экономического развития региона.

К мероприятиям, частично зависящим от экономического развития региона, относятся мероприятия, направленные на повышение эффективности и надежности работы полигона сети железных дорог. К ним можно отнести:

- снижение производственных издержек и улучшение финансово-экономических показателей работы;
- обеспечение безопасности движения поездов;

- внедрение ресурсосберегающих технологий;
- обновление стареющих и модернизацию основных фондов;
- совершенствование структуры управления;
- внедрение информационных технологий и коммуникаций;
- реализацию социальной программы.

Мероприятия по развитию ПСЖД зависят от сценария экономического развития региона и связаны с вопросами освоения дополнительных объемов перевозок, повышения конкурентоспособности ПСЖД, усиления пропускной и провозной способности участков магистралей и железнодорожных линий, перерабатывающей способности станций, строительства новых железнодорожных линий, совершенствования технологии работы и перевозочного процесса.

Все вышеперечисленные мероприятия, исходя из источников финансирования и формирования соответствующих альтернатив, можно разделить на два класса (рис. 2):

1. ремонты (капитальный, средний, текущий и др.);
2. новое строительство, реконструкция, техническое перевооружение, обновление и модернизация основных фондов;

Все виды ремонтов выполняются за счет текущих эксплуатационных расходов. Другие виды мероприятий требуют инвестиций, формируемых из прибыли железной дороги, амортизационных отчислений и прочих источников (федерального, отраслевого и местного бюджетов).

Из вышеизложенного следует, что в альтернативу изменения конфигурации и мощности ПСЖД входят все мероприятия, не зависимо от источников их финансирования и сценария социально-экономического развития региона. Поэтому, при формировании альтернатив повышения эффективности и надежности работы, изменения конфигурации и увеличения мощности ПСЖД необходимо с одинаковой степенью ответственности подходить к обоснованию как планов нового строительства, реконструкции, обновления и модернизации существующих основных фондов, так и планов проведения ремонтных работ.

Решение поставленной проблемы сводится к поиску эффективной области альтернатив развития каждого полигона сети железных дорог (ПСЖД), входящих в состав рассматриваемого региона в увязке с принятой стратегией и разработанными сценариями экономического развития, которые, в свою очередь, определяют горизонт расчета T_p и дополнительные объемы $\Gamma(t)$, предъявляемые к перевозке железнодорожным транспортом. На рис. 3 иллюстрируется суть методологии формирования и комплексной оценки альтернатив развития ПСЖД.

Поиск эффективной области альтернатив осуществляется для каждого сценария в отдельности и заключается в формировании возможных альтернатив различных уровней иерархии ПСЖД (объектного, линейного, дорожного,

полигонного). Для каждой альтернативы определяется необходимый объем капитальных вложений K и размер снижения эксплуатационных расходов ΔC , получаемый в результате реализации мероприятий, включенных в альтернативу развития ПСЖД или отдельных ее элементов.

На каждом иерархическом уровне производится оценка возможных альтернатив по техническим и экономическим показателям с целью отсева неконкурентных и неэффективных. Таким образом, для последующего уровня иерархии формируется допустимое множество альтернатив. Необходимо иметь в виду, что мероприятия регионального или сетевого значения включаются в альтернативу сразу на полигонном уровне.

Комплексная оценка альтернатив осуществляется на полигонном уровне. На данном уровне возможные альтернативы представляют собой комплекс мероприятий (план социально-экономического развития ПСЖД), намечаемый к реализации в целом на полигоне сети железных дорог на заданный горизонт расчета T_p . При комплексной оценке обосновывается целесообразность реализации плана социально-экономического развития ПСЖД на основе определения показателей коммерческой эффективности.

Прежде чем осуществить комплексную оценку возможных альтернатив, необходимо, с учетом сценария экономического развития региона и соответствующей альтернативы развития ПСЖД, произвести прогнозирование эксплуатационных и экономических показателей ПСЖД на заданный горизонт расчета T_p . В результате прогноза будут получены: эксплуатационные расходы $C_{np}(t)$; амортизационные отчисления $A_{np}(t)$; доход $D_{np}(t)$; балансовая прибыль $P_{np}(t)$.

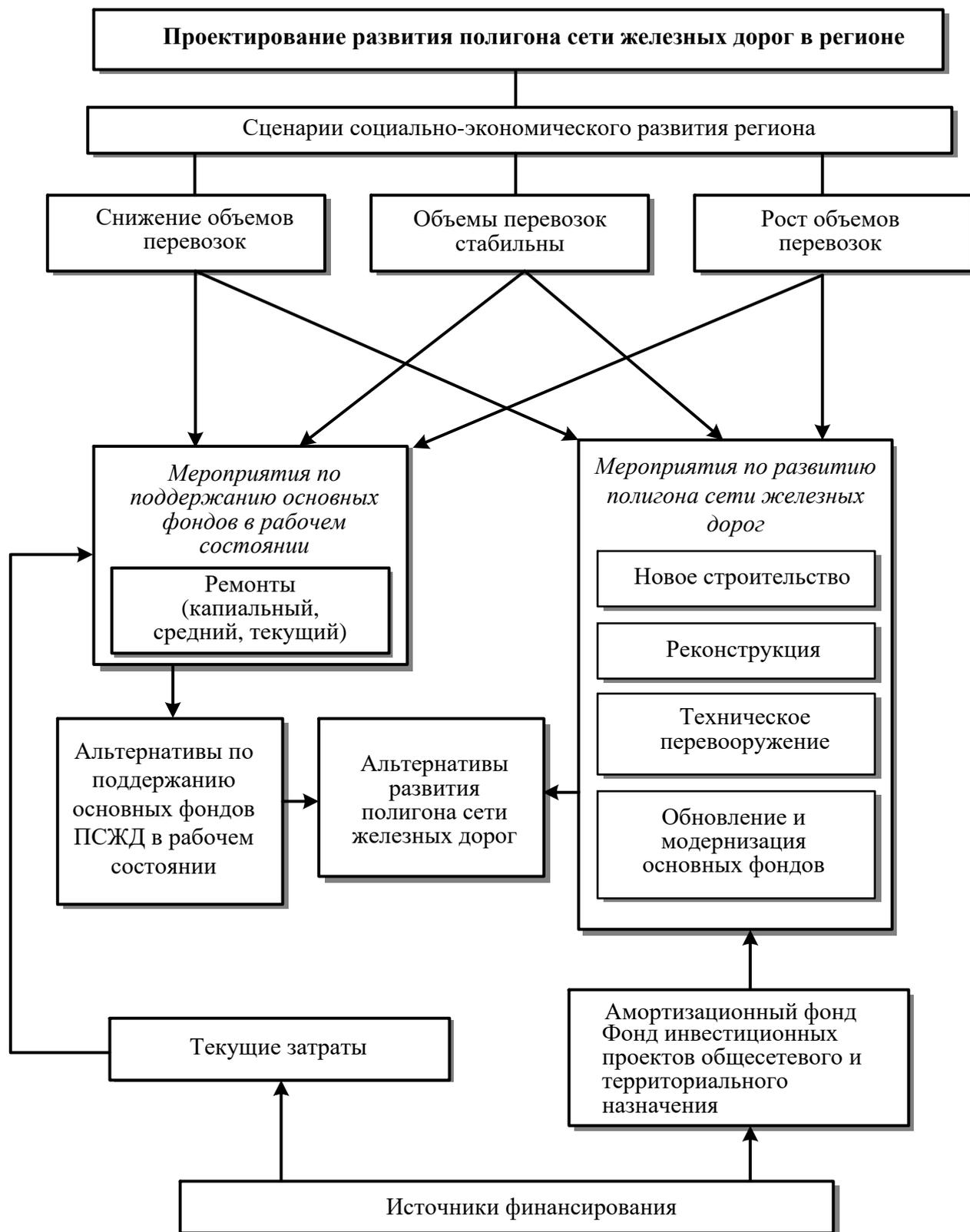


Рис. 2. Мероприятия по проектированию развития полигона сети железных дорог (ПСЖД)

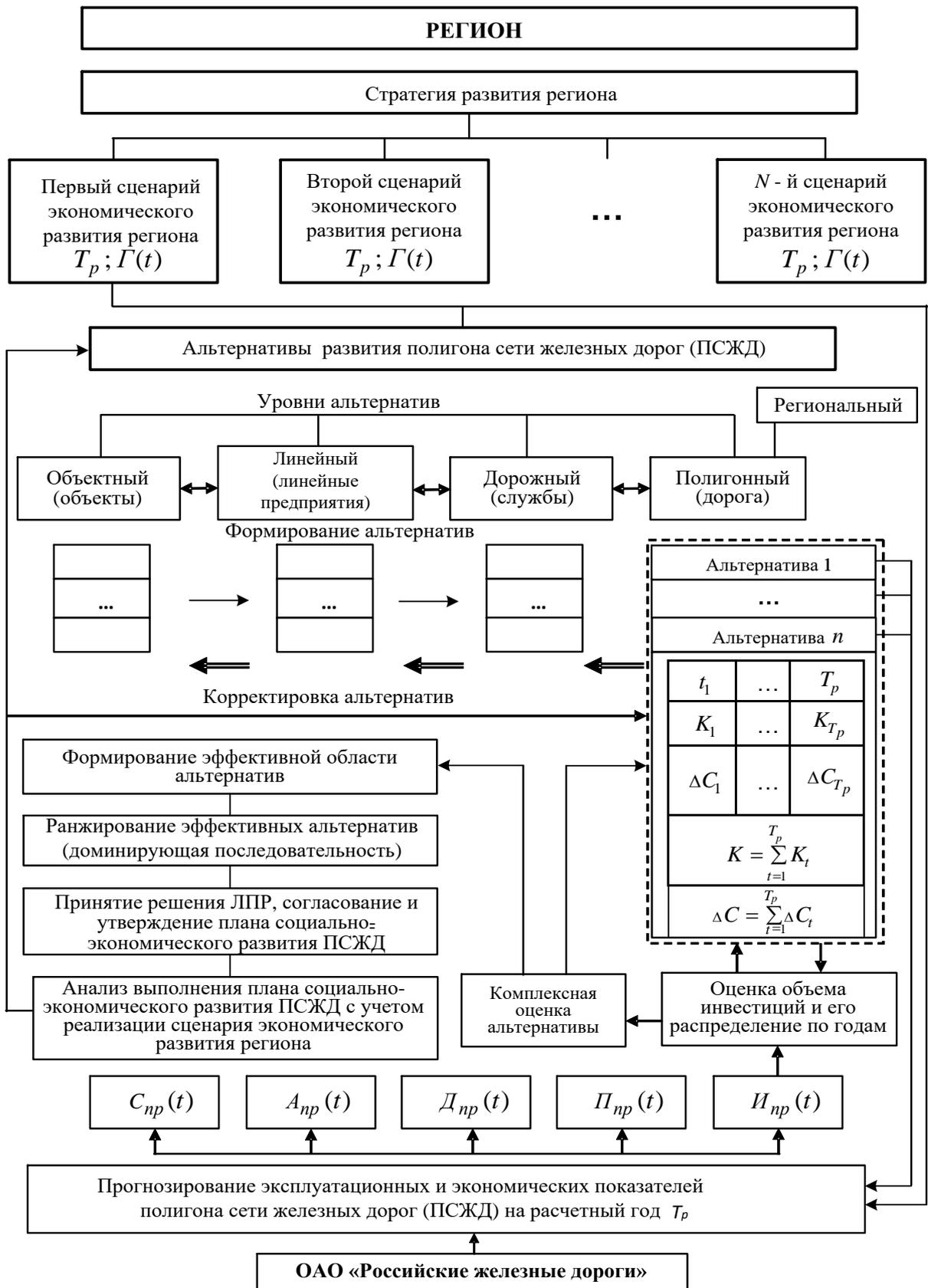


Рис. 3. Формирование и комплексная оценка альтернатив развития полигона сети железных дорог

К комплексной оценке допускаются планы развития полигона сети железных дорог, у которых суммарная величина капитальных вложений (K) не превышает объема возможных инвестиций (I_{np}). После рассмотрения всех возможных альтернатив изменения конфигурации и мощности ПСЖД при заданном сценарии экономического развития региона осуществляется ранжирование (строится доминирующая последовательность) эффективных планов развития ПСЖД. Лицом, принимающим решение, на основе экспертизы с учетом факторов, не поддающихся формализации и денежной оценке, осуществляется выбор одного из эффективных планов социально-экономического развития ПСЖД, который после согласования и утверждения в ОАО «Российские железные дороги» принимается к реализации.

Учитывая применяемый иерархический подход к формированию альтернатив изменения развития ПСЖД от объектного к полигонному уровню, т.е. снизу в верх, можно использовать обратную задачу, при которой формирование или изменение альтернатив производится сверху вниз – от полигонного до объектного уровня. В этом случае, исходным является объем возможных инвестиций. Распределяя его на дорожном уровне по дирекциям и службам (с учетом обоснованной потребности), а далее по линейным предприятиям осуществляется поиск такой совокупности мероприятий для каждого уровня иерархии в рамках выделенных инвестиций, которая позволяет получить максимальный эффект в улучшении работы системы в целом.

В процессе выполнения принятого плана социально-экономического развития полигона сети железных дорог необходимо ежегодно осуществлять анализ эксплуатационно-технических, финансовых его результатов и корректировку соответствующих мероприятий в случае необходимости.

Учитывая большой объем ремонтных работ, проводимых ежегодно на сети железных дорог и финансируемых за счет текущих расходов, для формирования альтернатив повышения ее эффективности и надежности работы предлагается использовать приведенную выше методологию.

Список литературы

1. Шварцфельд В.С. Теория и практика проектирования развития сети железных дорог на основе геоинформационных технологий. – Дисс. ... докт. техн. наук: Хабаровск, ДВГУПС, 2001. – 400 с.
2. Принятие решений при проектировании облика и мощности сети железных дорог. Часть 1. Методология формирования альтернатив облика и мощности сети железных дорог с учетом надежности ее функционирования. //Гончарук С.М., Гавриленков А.А., Шварцфельд В.С. – Монография. – Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 2003. – 178 с.
3. Принятие решений при проектировании облика и мощности сети железных дорог. Часть 2. Поддержка принятия решений по проектированию облика и мощности региональной сети железных дорог на основе геоинформационной аналитической системы // Шварцфельд В.С., Гончарук С.М. – Монография. – Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 2003. – 224 с.

4. Принятие решений при проектировании облика и мощности сети железных дорог. Часть 3. Оценка проектных альтернатив изменения облика и мощности сети железных дорог для принятия решений // Гончарук С.М., Шварцфельд В.С. – Монография. – Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 2003. – 152 с.

5. Методологические основы теории проектирования изменения мощности региональной сети железных дорог. Монография: Под ред. В.С. Шварцфельда. – Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 2005. – 344 с.

Контактная информация:

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

Author's information:

Viacheslav S. Shvartcfeld – D. Eng. Sci, Professor; v_s_s_@mail.ru

УДК 656.2.052.432

Шкурников С.В.¹, Иванов В.В.², Булакаева О.С.¹, Богданова Л.А.¹

Петербургский государственный университет путей сообщения

Императора Александра I¹, Санкт-Петербург

ООО «ВСМ-ИНЖИНИРИНГ»², Санкт-Петербург

ИСТОРИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ В АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ РОССИИ

Предпосылки строительства железных дорог в Арктической зоне прослеживались с начала открытия и освоения Северного морского пути. В статье представлен краткий ретроспективный обзор идей и предложений по развитию железнодорожного сообщения в районе Крайнего Севера. Особое внимание уделено проекту «Великой арктической железной дороги» проходящей по территории материковой Арктики Российской Федерации. Помимо описания территориального расположения предложенной железной дороги, рассмотрены социально-экономические и географические факторы, оказывающие влияние на возможность реализации данного проекта.

Ключевые слова: Великая арктическая железная дорога, железные дороги в Арктической зоне, Северный морской путь, международный транспортный коридор

Shkurnikov S.V.¹, Ivanov V.V.², Bulakaeva O.S.¹, Bogdanova L.A.¹

Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University¹, Saint-Petersburg

LLC «VSM-ENGINEERING»², Saint-Petersburg

HISTORY AND POTENTIAL DEVELOPMENT OF THE RAILWAY LINES IN THE ARCTIC ZONE OF RUSSIA

The first ideas of railway projects in the Arctic zone appeared from the beginning of the

opening and development of the Northern Sea Route. The article presents the retrospective review of different ideas of railway development in the Far North. The Great Arctic Railway project is being considered with exceeding care. This railway is located on the mainland of the Arctic in Russia. The article presents socio-economic and geographical factors that influence the feasibility and also descriptions of the territorial location of this project.

Keywords: The Great Arctic Railway project, railways in Arctic zones, the Northern Sea Route, International transport corridor

История развития железных дорог в Арктической зоне

Транспортные проекты в Арктической зоне являются не только связующим звеном ключевых торговых пунктов, но и способствуют социально-экономическому освоению и развитию новых территорий обитания человека. На рисунке 1 представлены исторические замыслы и реализованные проекты развития железнодорожного сообщения в Арктической зоне Российской Федерации.

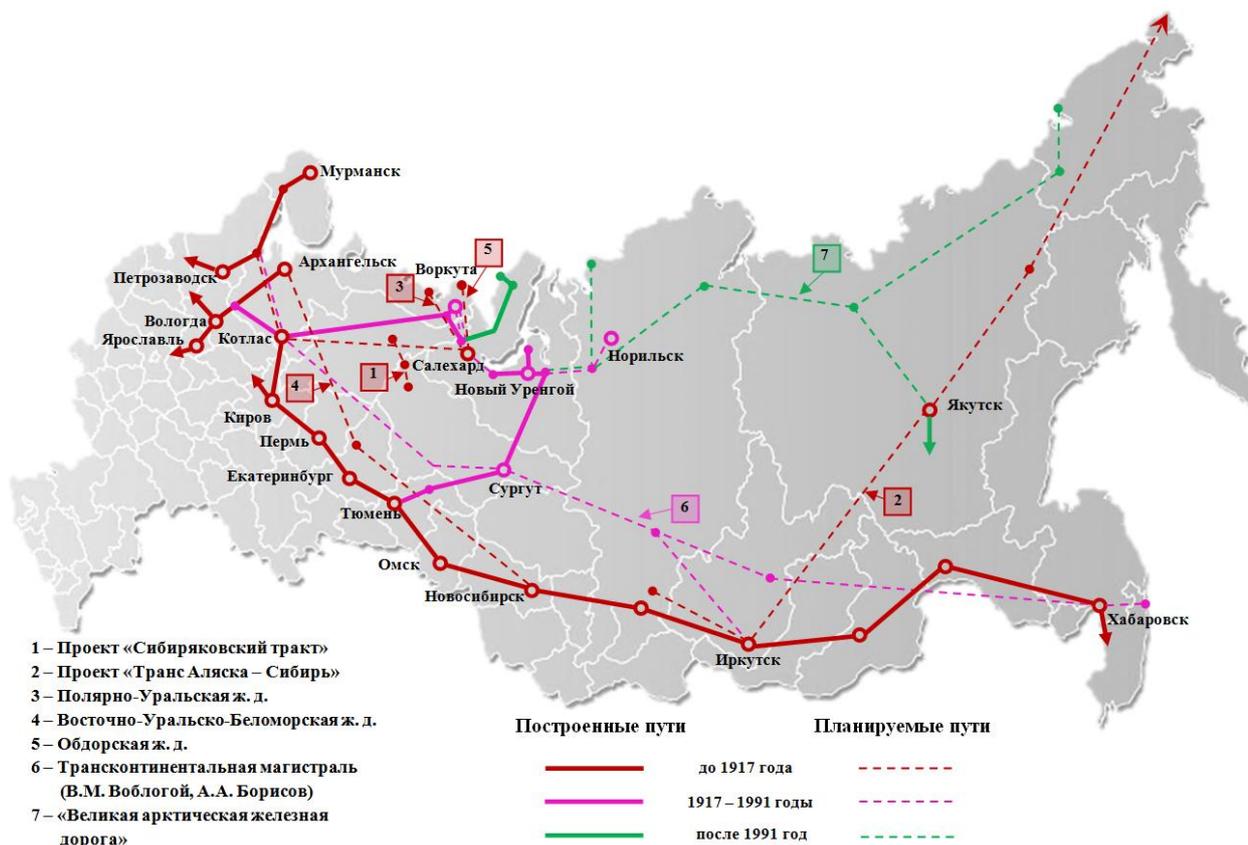


Рис. 1. Проектные замыслы и реализованные проекты развития железных дорог в Арктической зоне Российской Федерации

Потребность строительства железных дорог в Арктической зоне страны обосновывалась со второй половины XIX века. Первые предложения о создании торговых путей между Обским и Печорским бассейнами посредством

грунтовых и железных дорог высказывали предприниматели А. Сибиряков, М. Сидоров, И. Суслов [3].

В 1881 году А Сибиряков, с целью сбыта сибирского хлеба на европейские рынки и ввоза в Сибирь промышленных товаров через устье реки Печоры, приступил к прокладке сухопутной дороги от населенного пункта Щугор до зауральского села Ляпино – «Сибиряковский тракт», с последующим её переустройством под узкоколейную железную дорогу.

В 1903 году французский инженер Лоик де Лобель по представительству крупных транспортных монополистов США выступил с предложением строительства на концессионных началах железнодорожной линии «Транс-Аляска – Сибирь» от Красноярска через Якутск и Верхне-Колымск на мыс Дежнева и далее на Аляску.

В 1904 году инженер М. Быстрицкий предложил создать комбинированный водно-железнодорожный Обско-Печорский путь.

В 1906 году инженер Е. Кнорре представил проект Полярно -Уральской железной дороги от Обдорска (Салехарда) до Варандейской бухты протяженностью около 470 км. Главным назначением этой дороги было улучшение торговых связей между Европой и Сибирью, путем исключения из существующего маршрута Карского моря из-за его кратковременного периода навигации.

В 1913 году инженером В. Вольтманом предложен проект Восточно - Уральско - Беломорской железной дороги, соединяющей Обь (Новосибирск) с Архангельском через Северный Урал с целью вывоза сибирских товаров к океану через порт Архангельска и обеспечение его надежными подъездными путями.

В 1918 году художник А. Борисов, профессор В. Воблый при поддержке норвежского банка братьев Ганновер выдвинули предположение о необходимости соединения бассейна реки Обь с Мурманском – «Великий Северный путь», по направлению Обь – Котлас – Сорока – Мурманск. После этого, в 1928 году, В. Воблый и А. Борисов будучи противниками Северного морского пути (СМП), высказывали идеи о создании Великого Северного железнодорожного пути. Проект включал в себя железнодорожную линию по направлению Советская Гавань – Хабаровск – Киренск – Енисей – устье Иртыша – Урал – Котлас – Сорока – Мурманск, обеспечивающую связь трех океанов – Атлантического, Тихого и Северного Ледовитого [4,8].

В последствии ни один из этих проектов не был осуществлен. В действительности зарождению железных дорог на севере поспособствовало сооружение Великой Сибирской железной дороги (Транссибирской магистрали). Магистраль, построенная в конце XIX и начале XX веков, связала центральные районы Европейской России с Сибирью и тихоокеанским побережьем Дальнего Востока через Урал. В конце XIX века был проложен железнодорожный путь от Вологды до Архангельска, построена железнодорожная ветка Пермь – Вятка – Котлас, а в начале XX века организовано железнодорожное движение от Петро-

заводска к Мурманскому побережью, что в совокупности обеспечило прямое сообщение Дальнего Востока и портов Европейского Севера [9].

Во время Великой Отечественной войны правительство СССР пришло к выводу об уязвимости территории материковой Арктики и необходимости строительства в данном регионе железной дороги по направлению Воркута – Салехард – Игарка – Норильск. В декабре 1948 года был построен участок Чум – Лабытнанги, затем – участок от станции Обская в направлении к морскому порту. В 1950 году началось движение поездов по направлению Москва – Лабытнанги. К 1953 году построен постоянный мост через реку Надым и поезда пошли от станции Ермаково на восток до Надыма. Затем через Обь была возведена железнодорожная паромная переправа. К весне 1953 года в эксплуатации находилось 850 км магистрали. Однако в 1955 году строительство было приостановлено, а в постоянной эксплуатации остался только один участок от станции Чум до города Лабытнанги [6].

Активное освоение нефтегазовых месторождений на севере Сибири повлияло на строительство в 1963 году железнодорожной магистрали по направлению Тюмень – Тобольск – Сургут. В 1979 году в постоянную эксплуатацию был сдан участок Сургут – Нижневартовск. В 1985 году из Тюмени в Новый Уренгой прибыл первый поезд, а в 1986 году эту дорогу продлили до Ямбурга.

В 2010 году предприятием АО «Ямальская железнодорожная компания» построена железнодорожная линия Обская – Бованенково – Карская. В 2018 году подписано концессионное соглашение на строительство железной дороги «Северный широтный ход». Проект предполагает строительство железной дороги Обская – Салехард – Надым.

Среди прочих железнодорожных проектов, обеспечивающих связь северных территорий с остальной частью Российской Федерации, выделяются [7]:

- железнодорожная магистраль «Белкомур» по направлению Архангельск – Сыктывкар – Соликамск;
- проект железной дороги «Баренцкомур» по направлению Индига – Сосногорск – Троице-Печорск – Полуночное (Свердловская область) – Сургут;
- проект железнодорожной магистрали «Краскомур».

Необходимо отметить, что идея о создании северной широтной магистрали прослеживается на протяжении нескольких столетий. Специалисты рассматривают эти транспортные проекты как самостоятельные, так и взаимодополняющие или альтернативные Северному морскому пути. Одним из таких проектов, предлагаемых в настоящее время, является «Великая Арктическая железная дорога» по направлению Коротчаево – Дудинка – Хатанга – Тикси – Билибино – Певек (широтный ход) и Рейново – Сковородино – Тында – Якутск – Тикси (меридиальный ход).

Предпосылки строительства «Великой Арктической железной дороги»

Предпроектные положения транспортной железнодорожной инфраструктуры арктических районов Восточной Сибири и Дальнего Востока России разрабатываются в целях реализации основных стратегических инициатив:

– Основ государственной политики Российской Федерации в Арктике на период до 2035 года, утвержденных Указом Президента Российской Федерации от 05.03.2020 № 164;

– Стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2035 года, утвержденной Указом Президента Российской Федерации от 26.10.2020 № 645;

– Государственной программы Российской Федерации «Социально-экономическое развитие Арктической зоны Российской Федерации», в редакции Правительства Российской Федерации от 31.08.2017 № 1064.

Трасса ВАЖД проходит по территориям нескольких федеральных и муниципальных образований: Ямало-Ненецкий автономный округ, Красноярский край, Республика Саха и Чукотский автономный округ.

Каждый субъект Российской Федерации в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке имеет свои исторические особенности развития производственных сил, специализации по добыче и переработке полезных ископаемых. В Арктической зоне сохранились практически нетронутые ресурсы углеводородного и минерального сырья глобального значения. В арктической зоне сконцентрирована подавляющая доля общероссийских запасов сырьевых ресурсов: 55% олова; 58% горючих сланцев; 60% меди; 70% ртути, нефти и газа; 80% алюминия; 90% никеля и кобальта, кварца; 98% алмазов; 99% металлов платиновой группы; 100% ископаемой мамонтовой кости [2].

При определении основного положения трассы «Великой Арктической железной дороги» (ВАЖД) принят «бассейновый подход» к специализации и развитию территорий. Выход всех регионов Арктической зоны к Северному Ледовитому океану является их конкурентным преимуществом. Муниципальные образования, расположенные в бассейнах рек Хатанга, Анабар, Лена, Яна, Индигирка и Колыма образуют единые природно-хозяйственные комплексы. Их единство обусловлено единой схемой «северного завоза» грузов, логистикой вывоза и оборота продукции.

Водный транспорт занимает лидирующие позиции в структуре мирового грузооборота. На рисунке 2 показана динамика увеличения грузооборота морских портов Российской Федерации с течением времени [1].

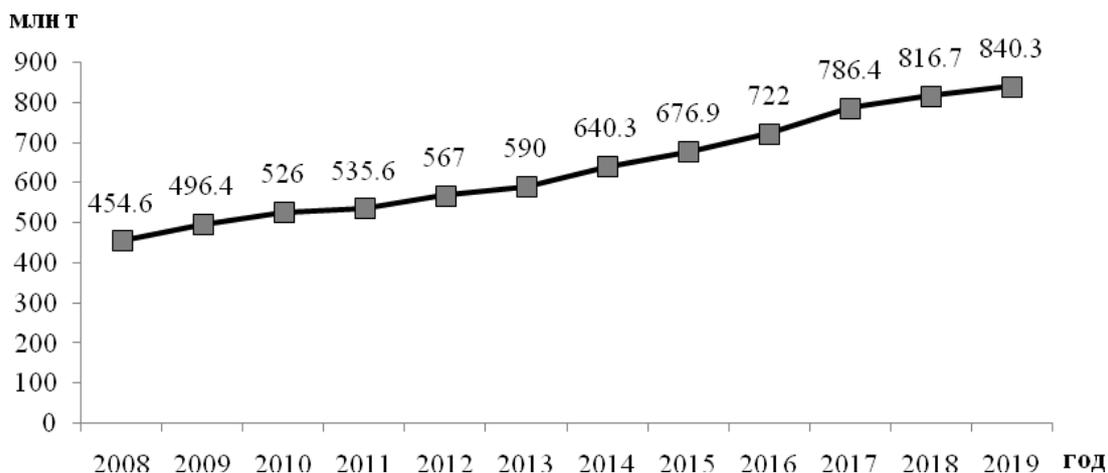


Рис. 2. Грузооборот морских портов в Российской Федерации

Северный морской путь (СМП) является национальной транспортной магистралью в Арктике. Использование трассы СМП для курсирования морских судов между крупнейшим европейским портом Роттердам и портами Азии позволяет сократить расстояние от 14 до 39% в сравнении с традиционным маршрутом транспортировки грузов через Суэцкий канал.

В период с 2016 по 2019 годы грузооборот северных портов увеличился в 3 раза (рис.3) [1].

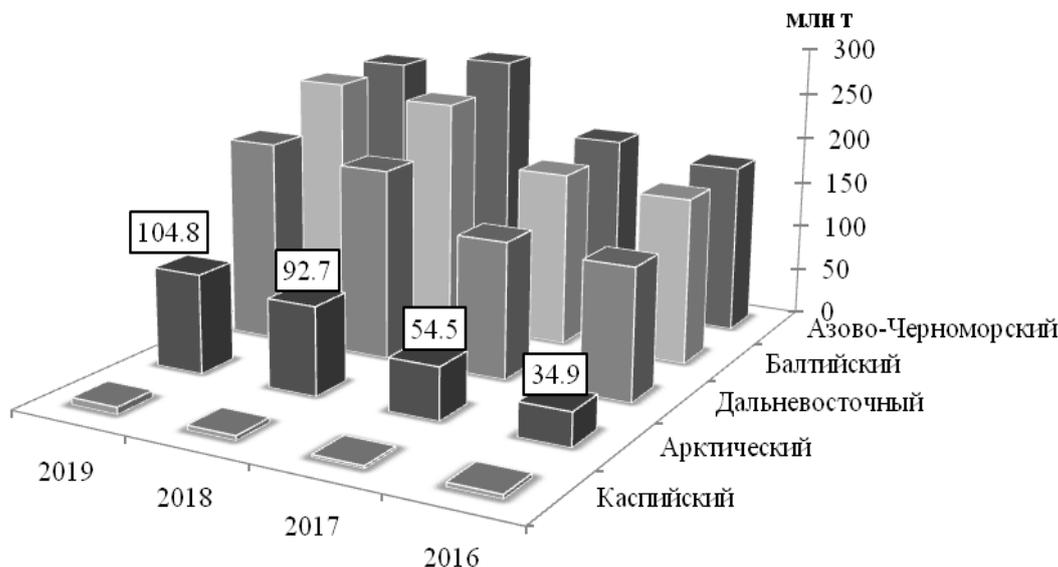


Рис. 3. Грузооборот морских портов по направлениям

В 2018 году поставки по СМП сжиженного природного газа в 37,7 раза превысили значение предыдущего года, а газоконденсата – в 7,5 раз. Интенсивный рост поставок сжиженного природного газа связан с введением в эксплуатацию трех производственных линий «Ямал СПГ» [10].

Однако, по результатам многолетних наблюдений, Северный морской путь на участке от порта Тикси до порта Певек и далее до Берингова пролива является самым сложным по ледовой обстановке. Иногда морские суда неделями стоят в ожидании подходящей трассы для прохода судов через арктические льды толщиной более 2 м. При этом, большинство арктических портов (за исключением Дудинки) требуют реконструкции [7].

Проект «Великая Арктическая железная дорога» может рассматриваться как сухопутный дублер Северного Морского пути (СМП).

Описание положения трассы «Великой Арктической железной дороги»

Схема рекомендуемого направления «Великой арктической железной дороги» представлена на рисунке 4.

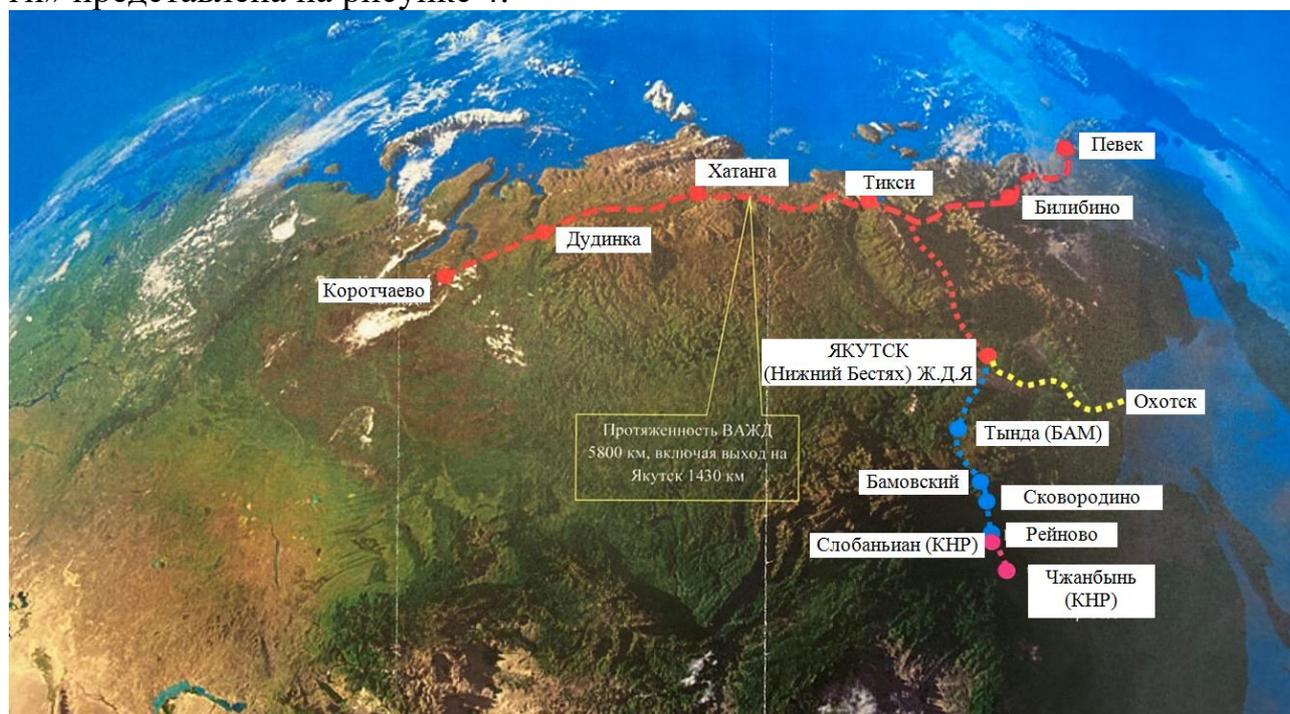


Рис. 4. Схема положения трассы ВАЖД

Для соединения ВАЖД с общей сетью железных дорог Российской Федерации предусмотрены два варианта.

Первый вариант (меридиальный ход) предполагает строительство новой железной дороги из Якутска (ст. Нижний Бестях) протяженностью 1 170 км в направлении на трассу ВАЖД. До арктического морского порта Тикси, включая часть трассы ВАЖД, протяженность линии составит 1 420 км. Барьерным местом этого варианта является внеклассный мостовой переход через реку Алдан, протяженностью 5,6 км при условии проложения трассы по левобережному варианту реки Яны.

Важнейшим достоинством первого варианта является возможность организации прямого выхода с Арктической зоны Российской Федерации в КНР. Для

обеспечения такого выхода в районе станции Рейново Забайкальской железной дороги создается новый пограничный переход со строительством моста через реку Амур – 0,8 км и строительством железнодорожной линии по территории Китая от существующей станции Чжаньбынь. до указанного мостового перехода, протяженностью 98 км.

Второй вариант (широтный ход) предусматривает строительство новой железной дороги от ст. Коротчаево Свердловской железной дороги в направлении к речному порту Дудинка (Норильск), протяженностью 570 км. Из ранее рассмотренных проектным институтом АО «Ленгипротранс» рекомендуется вариант прямого выхода на Дудинку (без захода в Игарку). При этом будет гарантировано транспортное обеспечение развития Русского (тяжелая нефть), Ванкорского и Сузунского нефтегазовых месторождений.

Данный участок является частью трассы ВАЖД, основные цели которой – обеспечение круглогодичной транспортной связи Арктической зоны с остальной частью России, а также обеспечение освоения месторождений полезных ископаемых, находящихся в сухопутной части Арктической зоны.

Кроме этого, ВАЖД необходимо рассматривать, как продолжение Северного широтного хода Коротчаево – Салехард – Обская – Чум.

Существенным недостатком данного варианта является необходимость строительства трех внеклассных мостов через Енисей (8,2 км), реку Таз (7,3 км), реку Пур (2,5 км).

При продлении данного варианта примыкания по трассе ВАЖД до порта Тикси (до общей точки сравнения вариантов) еще будет необходимо построить два мостовых перехода через реку Хатанга – 1,9 км и через реку Лена – 6,3 км. То есть еще 8,2 км мостов, а также 1 760 км новой железнодорожной линии. Строительство таких капитальных сооружений – чрезвычайно дорогая, сложная и долговременная задача [5].

Общая протяженность второго варианта от Коротчаево до Тикси составляет 2 330 км.

Формирование транспортного коридора Европа – СМП – Россия – КНР

Наиболее экономически, стратегически и геополитически целесообразным является первый вариант примыкания трассы «Великой Арктической железной дороги» к станции Нижний Бестях Амуро-Якутской магистрали, введенной в постоянную эксплуатацию в 2019 году. Данное примыкание и продление Амуро-Якутской магистрали от станции Нижний Бестях к арктическому морскому порту Тикси позволяет сформировать постоянно действующий международный транспортный коридор (рис. 5), который значительно сокращает доставку грузов из федеральных образований юга Дальнего Востока, Северной Кореи, Южной Кореи, Японии и Китая в Европу. Транспортный коридор включает как строительство железной дороги от порта Тикси, так и использование водной артерии – реки Лены.

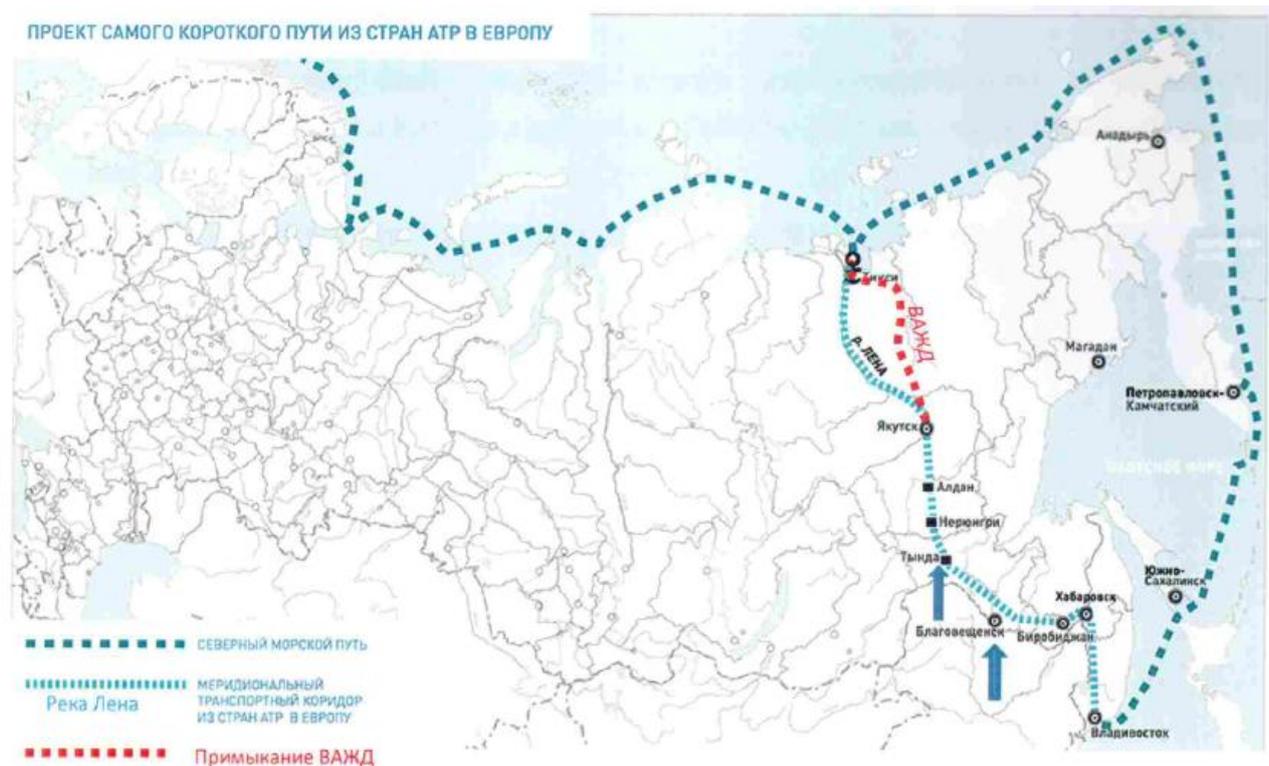


Рис. 5. Схема международного транспортного коридора Европа – СМП – Россия – Китай

Транспортный коридор предусматривает использование возможностей существующих железнодорожных магистралей Российской Федерации, таких как БАМ, Транссиб, а также железных дорог Южной и Северной Кореи, морских портов Дальнего Востока, пограничного перехода между Россией и Китаем в районе города Благовещенск.

Также рекомендуется открытие нового железнодорожного пограничного перехода между Россией и Китаем в районе ст. Рейново Забайкальской железной дороги. Данный железнодорожный пограничный пункт будет напрямую обеспечивать выход из Китая на международный транспортный коридор и выходы на магистральные железные дороги России. Логистическая цепочка на всем протяжении не будет разорвана, ввиду того, что будет осуществляться одним видом всепогодного транспорта.

Оценку грузопотока по транспортному коридору еще предстоит определить.

Заключение

Проект строительства «Великой арктической железной дороги» по направлению Коротчаево – Дудинка – Хатанга – Билибино – Певек является закономерной ступенью развития и расширения сети железных дорог страны, отвечает приоритетным программам развития Арктической зоны Российской Федерации, а также обеспечивает реализацию транзитного потенциала России.

Список литературы

1. Ассоциация морских торговых портов: сайт. – Санкт-Петербург, 2017 – URL: <https://www.morport.com/> (дата обращения: 16.08.2020).
2. Бакланов, П.Я. Географические и геополитические факторы и направления долгосрочного развития Арктической зоны России / П.Я. Бакланов, А.В. Мошков, М.Т. Романов // Вестник ДВО РАН. – 2015. – № 2. – С. 5-15.
3. Белов, М.И. История открытия и освоения Северного морского пути. Т.2. – Л.: Морской транспорт. – 1959. – 511 с.
4. Белов, М.И. История открытия и освоения Северного морского пути. Т.3. – Л.: Морской транспорт. – 1959. – 766 с.
5. Бушуев, Н.С. Особенности проектирования трассы железной дороги в условиях вечной мерзлоты / Н.С. Бушуев, С.В. Шкурников, В.А. Герасимов и др. // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2019. – № 3 (63). – С. 135-142. DOI: 10.26731/1813-9108.2019.3(63).135-142
6. Голубев, А. А. Проект Трансполярной магистрали: история и современность / А.А. Голубев // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. – 2020. – Т. 42. – № 2. – С. 42–50. DOI: 10.15393/uchz.art.2020.448
7. Грузинов, В. М. Арктические транспортные магистрали на суше, акваториях и в воздушном пространстве / В. М. Грузинов, Ю. В. Зворыкина, Г. В. Иванов и др. // Арктика: экология и экономика. – 2019. – № 1 (33). – С. 6 -20. DOI: 10.25283/2223-4594-2019-1-6-20
8. Максимов Ю.И. Решение социально-экономических проблем крайнего севера – научный вектор в творчестве художника А.А. Борисова / Ю.И. Максимов, А.И. Кривичев // Жизнь Земли. – № 40(4). – 2018. – С. 390-402.
9. Парамонов, В.Н. Котлас – Кожва: Опыт железнодорожного строительства в условиях севера / В.Н. Парамонов, М.К. Сурина // История в подробностях. – 2015. – № 8(62). – С. 56-63.
10. ПАО «Новатек»: официальный сайт. – URL: <https://www.novatek.ru/> (дата обращения: 18.08.2020).

Контактная информация:

Шкурников Сергей Васильевич – кан. тех. наук, доц.; 3123810@mail.ru
Иванов Владимир Витальевич – зам. ген. директора; kaf.iip@mail.ru
Булакаева Ольга Сергеевна – кан. тех. наук, асс.; olya.morozova@gmail.ru
Богданова Любовь Алексеевна – аспирант; kaf.iip@mail.ru

Author's information:

Sergey V. Shkurnikov – PhD. Eng. Sci, Associate Professor; 3123810@mail.ru
Vladimir V. Ivanov – Deputy General Director; kaf.iip@mail.ru
Olga. S. Bulakaeva – PhD. Eng. Sci, Assistant; olya.morozova@gmail.ru
Lyubov A. Bogdanova – PhD. Student; kaf.iip@mail.ru
