

Вторая международная
научно-практическая конференция

**РАЗВИТИЕ ИНФРАСТРУКТУРЫ
И ЛОГИСТИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ
В ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМАХ
(РИЛТТРАНС-2017)**

Санкт-Петербург, 4–6 октября 2017 г.

Сборник трудов

*Под общей редакцией канд. экон. наук А.А. Краснощёка
и канд. техн. наук П.К. Рыбина*

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
2018

УДК 656.2+658.7
ББК 39

Редакционная коллегия:

Анатолий Анисимович Краснощёк, кандидат экономических наук,
первый заместитель генерального директора ОАО «РЖД»;

Александр Юрьевич Панычев, кандидат экономических наук,
ректор ФГБОУ ВО ПГУПС;

Владимир Николаевич Голоскоков, доктор экономических наук,
начальник Октябрьской железной дороги – филиала ОАО «РЖД»;

Пётр Кириллович Рыбин, кандидат технических наук, проректор
по воспитательной работе и связям с производством ФГБОУ ВО ПГУПС;

Сергей Александрович Дорофеевский, первый заместитель
начальника Октябрьской железной дороги – филиала ОАО «РЖД»;

Максим Владимирович Четчуев, кандидат технических наук,
доцент кафедры «Железнодорожные станции и узлы»
ФГБОУ ВО ПГУПС (отв. за выпуск)

Вторая международная научно-практическая конференция «Развитие инфраструктуры и логистических технологий в транспортных системах» (Санкт-Петербург, 4–6 октября 2017 г.): сборник трудов / под ред.: А.А. Краснощека, П.К. Рыбина. – СПб.: ООО «АРТ-ЛАЙН», 2018. – 303 с.

Сборник трудов составлен на основе представленных в организационный комитет докладов участников конференции, в которых были затронуты актуальные проблемы транспортной отрасли: усиление инфраструктуры крупных железнодорожных узлов и подходов к ним; развитие скоростных и высокоскоростных магистралей; внедрение современных строительных, информационных и логистических технологий; повышение экономической эффективности работы транспорта.

Издание рассчитано на научных сотрудников, преподавателей, аспирантов и студентов железнодорожных вузов России и других стран, а также на широкий круг специалистов транспорта.

МИРОВЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ МОРСКИХ ПОРТОВ, ПРИПОРТОВЫХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ УЗЛОВ И ПОДХОДОВ К НИМ

Краснощек А.А.¹, Панычев А.Ю.², Рыбин П.К.²

¹ Открытое акционерное общество «Российские железные дороги» (Москва)

² Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I» (Санкт-Петербург)

Становление морских перевозок, как основного вида грузовых коммуникаций между континентами, привело к делению государств в зависимости от их территориального расположения на два типа: приморские и внутриконтинентальные. Это не могло не отразиться на организации и развитии их экономики. Приморские государства преимущественно концентрируются на вопросах создания в прибрежной зоне промышленных и транспортных структур, а также на проблемах рекреационной деятельности¹.

Внутриконтинентальные государства сосредотачивают свои усилия на формировании качественных и эффективных связей (путей сообщения) с прибрежными регионами.

Очевидно, что оптимизировать использование прибрежных земель следует на основе рационального построения и размещения портовой инфраструктуры, с учетом пропускных способностей припортового железнодорожного узла, дальних и ближних подходов к нему.

В последние десятилетия сформировалось понятие «приморское логистическое пространство», которое состоит из трех основных элементов: форланда², порта и хинтерланда³, экономически и технологически взаимосвязанных между собой. Сегодня конкуренция между морскими портами существенно возросла, причем, как в зоне форланда, так и в зоне хинтерланда.

При этом, очевидно, что параметры логистического пространства «форланд – порт – хинтерланд» будут зависеть от структуры грузопотоков, состава взаимодействующих видов транспорта, емкости и перерабатывающей способности портов, резерва их территориального развития, от наличия и параметров сухопутных подходов, связывающих порт и объекты хинтерланда. А сам порт в этих условиях должен стать транспортно-логистическим центром, задачей которого является снижение затрат на транспортировку продукции, интегрирование услуг порта с другими компонентами глобальной распределительной сети.

Поскольку размер порта напрямую связан с параметрами судов и численностью флотов перевозчиков, то появление больших крупнотоннажных судов неизбежно приводит к существенному увеличению размеров причальных и складских устройств.

Следует также отметить, что увеличение количества крупнотоннажных судов уже приводит к сокращению общей численности мирового морского торгового флота. Более того, как показывает практика, уже происходит перераспределение грузопотоков между существующими портами, что влечет за собой усиление междупортовой конку-

¹ *рекреационная деятельность* – комплекс мероприятий, осуществляемых с целью создания условий для восстановления нормального самочувствия и работоспособности людей.

² *форланд* – морская акватория, регулярно используемая для получения и отправки торговых грузов и включающая водное пространство, которое связывает основной порт и его аванпорт.

³ *хинтерланд* – наземный район, прилегающий к порту.

ренции в основных приморских регионах. Следствием этого является слияние, укрупнение или даже ликвидация неконкурентоспособных портов.

Серьезной проблемой основных мировых портов остается дефицит земель для их расширения. В настоящее время ее преимущественно решают за счет создания намывных территорий, перепрофилирования земельных участков, прилегающих к порту, или за счет создания «сухого» порта, представляющего собой комплекс складов, удаленных от морского порта и выполняющих ряд технологических функций, которые ранее реализовывали в морском порту.

В большинстве случаев территория действующих портов ограничена, поскольку исторически они расположены вблизи крупных и крупнейших городов. Особенно сложно развивать порт в городах с динамично растущим населением. На рис. 1 представлены основные этапы изменения структуры порта и его расположения по отношению к городу.

Но только увеличением площади порта не добиться желаемого повышения эффективности использования его территории.

Очевидно, что *в будущем новые порты будут располагаться на значительном удалении от населенных пунктов, но при этом в обязательном порядке будут проектировать и строить развитую систему сухопутных путей сообщений с учетом перспектив дальнейшего роста порта.* Кроме того, проблемы охраны окружающей среды и задачи по обеспечению транспортной безопасности заставят руководство портов ужесточить правила перемещения и хранения грузов на их территории, при этом будут предлагаться и использоваться технические и технологические решения, многие из которых не будут коммерчески эффективными.

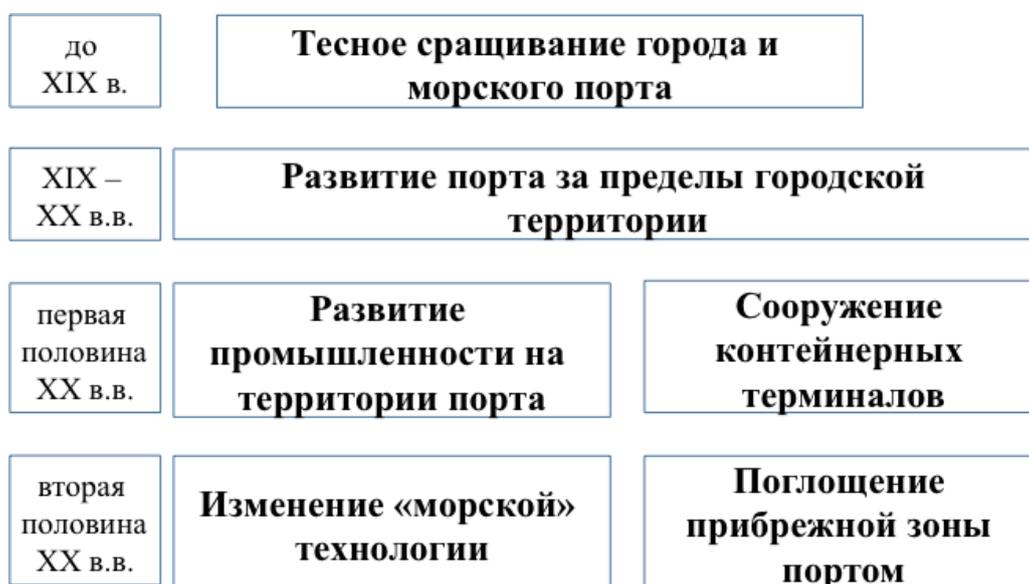


Рис. 1. Этапы развития морских портов и их размещение относительно городской территории

Ключевыми факторами, определяющими перспективы развития морских портов на современном этапе, являются увеличение объемов мировой торговли и растущая глобализация производства в условиях относительной стабилизации размещения центров производства сырья, пунктов создания и потребления готовой продукции, а также рост конкуренции между производителями на одних и тех же рынках. Это в свою оче-

редь окажет существенное влияние на глобальную логистическую систему в части повышения интенсивности работы транспорта и производства.

На рис. 2 представлен анализ тенденций последнего десятилетия в части изменения функций и направления развития морских портов, которые безусловно характерны и для российских морских портов.

Российское морское побережье в целом имеет невысокий уровень освоения. Пять приморских регионов, на территории которых расположены порты Арктического, Азово-Черноморского, Балтийского, Дальневосточного и Каспийского бассейнов имеют свои особенности, как в части своего расположения и размещения по отношению к основным грузообразующим центрам, так и в зависимости от климатических, топографических и гидрологических условий (см. рис. 3).

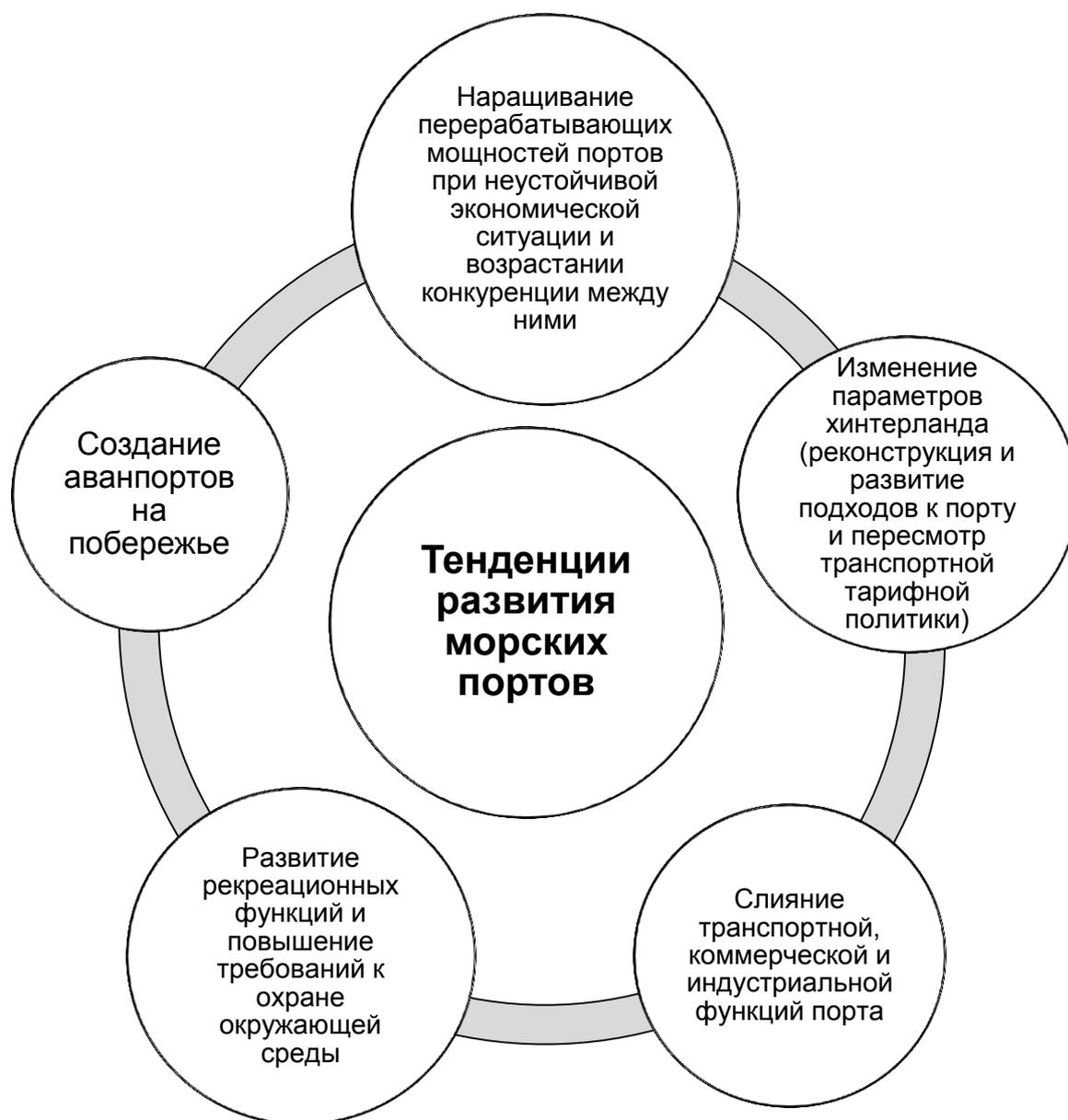


Рис. 2. Основные тенденции развития территории морских портов



Рис. 3. Приморские регионы России:
 1 – Арктический; 2 – Северо-Западный; 3 – Дальневосточный;
 4 – Каспийский; 5 – Азово-Черноморский

Согласно стратегии развития морской портовой инфраструктуры до 2030 года мощность российских портов по консервативному варианту вырастет до 1,268 млрд тонн в год, а по инновационному варианту почти до 1,618 млрд тонн в год [1]. В табл. 1 и 2 приведена информация о действующих морских портах России [2].

Таблица 1

Морские порты Российской Федерации

Бассейн	Количество морских портов
Азово-Черноморский	17
Арктический	19
Балтийский	6
Каспийский	3
Дальневосточный	22

По суммарному грузообороту переваливаемых грузов в перспективе порты Балтики до 2030 года будут занимать лидирующее положение в стране, благодаря близости к промышленным центрам страны и государствам Европы. В портах Балтийского бассейна России заканчиваются российские участки транспортных коридоров «Восток – Запад» и «Север – Юг», по которым планируется продвижение международного транзитного контейнерного грузопотока. Особенностью Балтийского бассейна также является наличие портовых комплексов Калининградской области, связь с которыми осуществляется с использованием морской железнодорожной паромной переправы Усть-Луга – Балтийск – порты Германии.

В портах Азово-Черноморского бассейна также заканчивается российский участок международного транспортного коридора «Север – Юг». Порты бассейна составляют три группы: незамерзающие порты на черноморском побережье, способные принимать крупнотоннажные морские суда, замерзающие и мелководные порты Азовского моря, и порты, расположенные в черноморских городах-курортах.

Таблица 2

Грузооборот основных российских портов в 2016 году

Порт	Грузооборот (млн тонн)	Порт	Грузооборот (млн тонн)
Арктический бассейн			
Архангельск	2,6	Дудинка	1,2
Варандей	8	Мурманск	33,4
Азово-Черноморский бассейн			
Азов	6,6	Ростов-на-Дону	12,9
Ейск	4,3	Таганрог	2,42
Кавказ	33,2	Тамань	13,5
Керчь	9,6	Темрюк	2,9
Новороссийск	131,39	Туапсе	25,1
Балтийский бассейн			
Выборг	1,38	Приморск	64,43
Высоцк	17,1	Санкт-Петербург	48,62
Калининград	11,7	Усть-Луга	93,36
Дальневосточный бассейн			
Владивосток	14,3	Находка	23,3
Ванино	30,2	Пригородное	16,4
Восточный	68,3	Посьет	8,2
Де-Кастри	11,5		

Особенностью портов Дальневосточного бассейна является большой объем перевалки каботажных грузов. Порты Дальневосточного бассейна различаются по условиям связи их с транспортной системой страны, наиболее мощные (Восточный, Ванино, Владивосток, Находка и Посьет) имеют железнодорожные подходы, кроме того к ним проложены трубопроводы. Эти порты удалены от центральных районов страны, но находятся вблизи стран Азиатско-Тихоокеанского региона, с которыми наша страна активно наращивает экономические связи, поэтому они являются конечными пунктами Международного транспортного коридора «Восток – Запад».

На Арктическом побережье России расположено 19 морских портов, занятых в основном перевалкой внешнеторговых и каботажных грузов. Четыре порта (Мурманск, Архангельск, Витино и Кандалакша) перерабатывают более 80% общего грузооборота портов этого приморского региона. Через арктические порты проходят грузы «северного завоза». Учитывая возможный рост международных транзитных перевозок по Северному морскому пути, предстоит существенная реконструкция этих портов. Кроме того, активно развивается добыча топливно-энергетических ресурсов на арктическом шельфе, которая потребует как развитие существующих портов Мурманск и Архангельск, так и строительства новых портов Сабетта и Териберка.

В Каспийском бассейне расположены три российских порта (Астрахань, Оля и Махачкала). Каспийское море находится в зоне ответственности пяти государств, что осложняет процессы взаимодействия между видами транспорта в регионе, хотя порты этого приморского региона входят в состав международного транспортного коридора «Север – Юг», перспективный ежегодный грузопоток которого оценивается в объеме порядка 35 – 40 млн тонн.

В настоящее время очевидно, что без создания современной сухопутной транспортной инфраструктуры рост грузооборота российских портов невозможен. Бесспорно

ключевым решением в этой ситуации является реализация принятых ОАО «РЖД» инвестиционных проектов по развитию подходов к портам страны [3]. Но необходимы и соответствующие технологические решения: совершенствование системы взаимодействия порта и железной дороги и организация перевозок грузов в адрес порта по так называемым полигонным технологиям.

Помимо инвестпроектов ОАО «РЖД» существуют еще два проекта по развитию припортовой железнодорожной сети: линия «Белкомур» (см. рис. 4), которая должна соединить регионы Сибири и Урала с портами Архангельск и Мурманск, а также «Баренцкомур» – между портом Индига с районами Сибири и Урала.

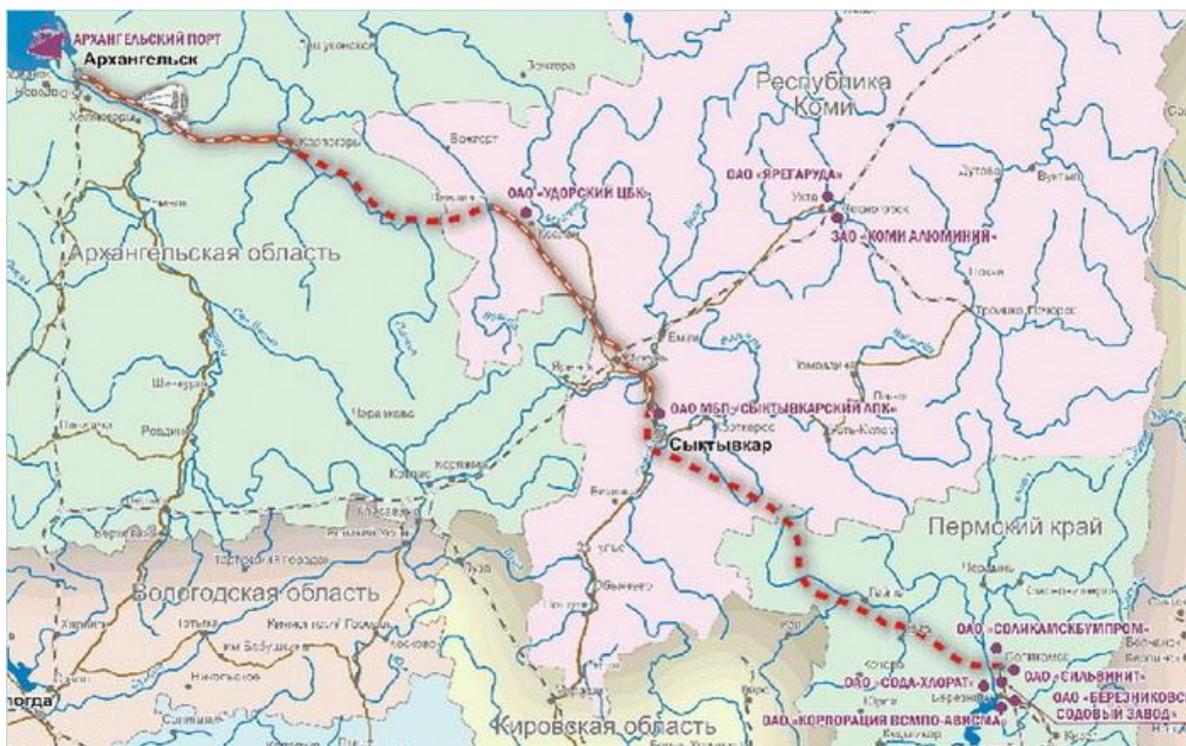


Рис. 4. Проектируемая железнодорожная линия «Белкомур»

Несмотря на накопленный более чем столетний опыт проектирования припортовых станций и узлов в России, имеет смысл оценить современные достижения в этой области в европейских и азиатских припортовых регионах, где морской грузовой порт особым образом встраивается в транспортную инфраструктуру конкретного региона и страны в целом.

Анализ железнодорожных грузооборотов крупнейших европейских морских портов показывает, что его доля в общем грузообороте порта не превышает 30–45%, но при этом в период экономического кризиса грузообороты этих портов оказались достаточно стабильными и даже виден определенный рост этого показателя. В перспективе увеличение доли железнодорожного грузооборота этих портов связывают с перевозками контейнеров и, в отдельных случаях, наливных грузов.

Интересен пример развития порта Роттердам [4] в части поиска свободных территорий и формирования соответствующего припортового железнодорожного узла. В этом порту одновременно создаются новый грузовой терминал и железнодорожная станция, обслуживающая его. При этом развитие припортовой и портовой территорий осуществляется на основе намывных земельных участков (см. рис. 5).



Рис. 5. Этапы развития порта Роттердам (грузовые районы):
 1 – Ваалхафен (Waalhafen); 2 – Эмхавен (Eemhaven); 3 – 1 и 2 гавани Петра (1e Petr. haven, 2e Petr. haven); 4 – Ботлек (Botlek); 5 – Европорт (Europort);
 6 – Маасвлякт (Maasvlakte); 7 – Маасвлякт 2 (Maasvlakte 2)

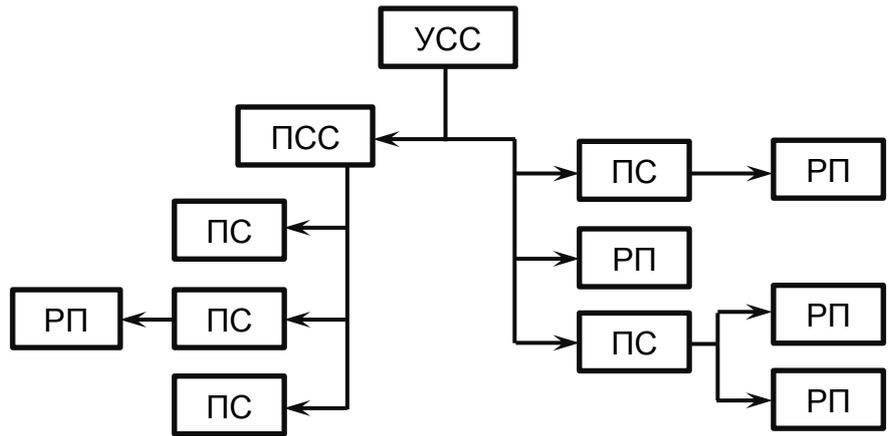
На рис. 6 представлены условные схемы железнодорожных узлов крупнейших европейских портов Роттердам, Гамбург и Антверпен. Следует отметить, что во всех схемах присутствуют узловые сортировочные и портовые станции, а также районные парки. Расстояние между узловой сортировочной станцией и ближайшей портовой составляет порядка 10 км, между портовыми станциями – 5-12 км, а районные парки удалены от портовых станций – на расстояние 2-5 км.

В Гамбурге – имеется предпортовая сортировочная станция, поскольку достаточно высока доля вагонопотока, подлежащего переработке, и расстояние между узловой сортировочной и тремя портовыми станциями достигает 20-25 км [5]. Все сортировочные станции оборудованы сортировочными горками, в Гамбурге и Антверпене – узловые сортировочные станции – двухсторонние.

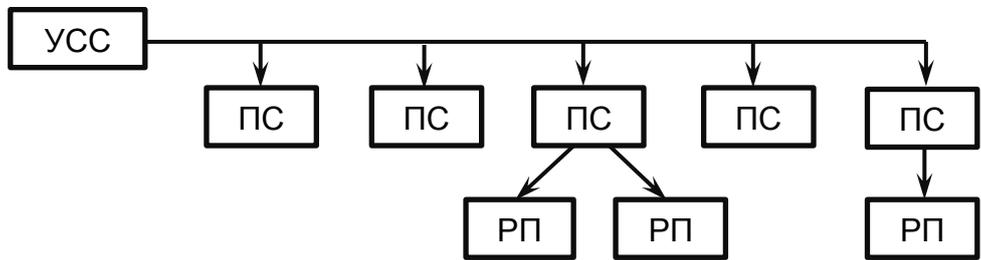
Повышение пропускной способности рассмотренных железнодорожных узлов обеспечивается за счет усиления устройств железнодорожных линий на подходах к порту, а также устройства дополнительных соединительных путей в узле. Следует обратить внимание на опыт Роттердама, где создана *специализированная грузовая железнодорожная линия назначением на порт*, как вариант развития дальних подходов к портовым комплексам.

На рис. 7 представлена этапность развития припортовой железнодорожной инфраструктуры этих портов, которая учитывает особенности технологии переработки и продвижения вагонопотока с грузами в их адрес.

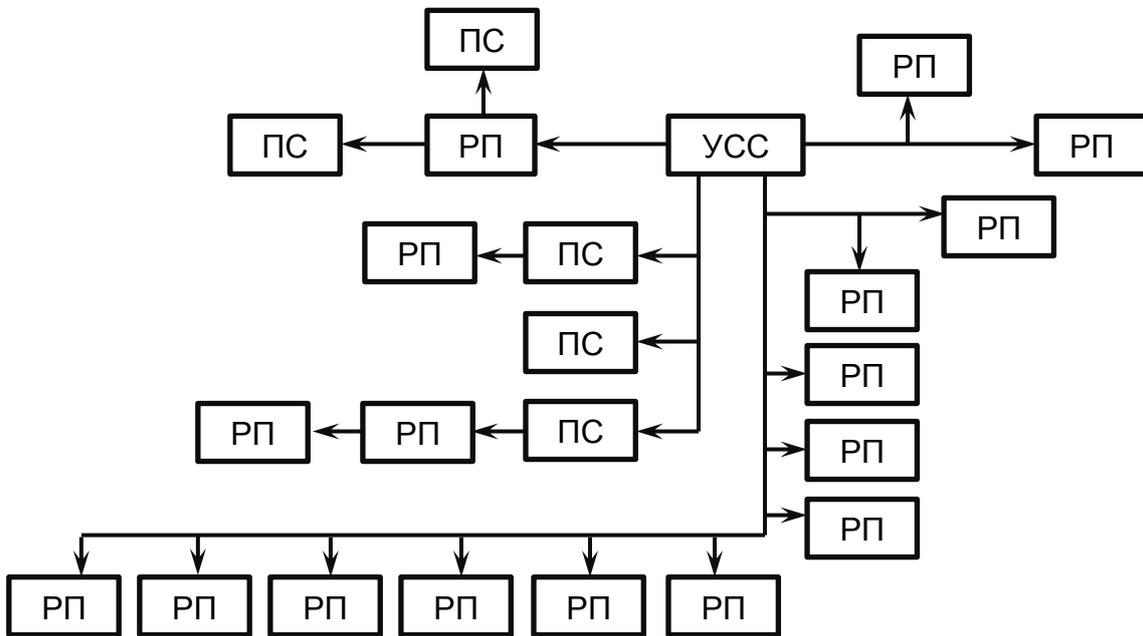
В настоящее время для обеспечения полноценной загрузки существующих и строящихся грузовых терминалов морских портов страны первоочередной задачей является развитие российских припортовых железнодорожных узлов, ближних и дальних подходов к ним. Безусловно это окажет влияние на ускорение темпов развития экономики России.



Гамбург



Роттердам



Антверпен

Рис. 6. Принципиальные схемы припортовых узлов крупнейших европейских портов:
 УСС – узловая сортировочная станция; ПСС – предпортовая сортировочная
 станции; ПС – портовая станция; РП – районный парк

Именно этим, обусловлено то, что ОАО «РЖД» отдает приоритет этому направлению развития сети российских железных дорог.

При этом важно не только всесторонне проанализировать предложенные технические и технологические решения с разложением их по времени реализации, с учетом обеспечения пропусков по соответствующим направлениям и переработки заявленных на соответствующий период поездопотоков. Необходимо также реализовать дальнейшее развитие железнодорожных объектов без затрат на их промежуточное переустройство, а также соответствие мощности припортовых железнодорожных узлов перспективным перерабатывающим способностям существующих и строящихся морских портов. Следует обратить внимание на то, что развитие зарубежных припортовых узлов планируется на значительную перспективу (с большим периодом развития), но обязательно предусматривается поэтапное развитие и вариативность последующих решений в зависимости от складывающейся в конкретный момент времени ситуации.

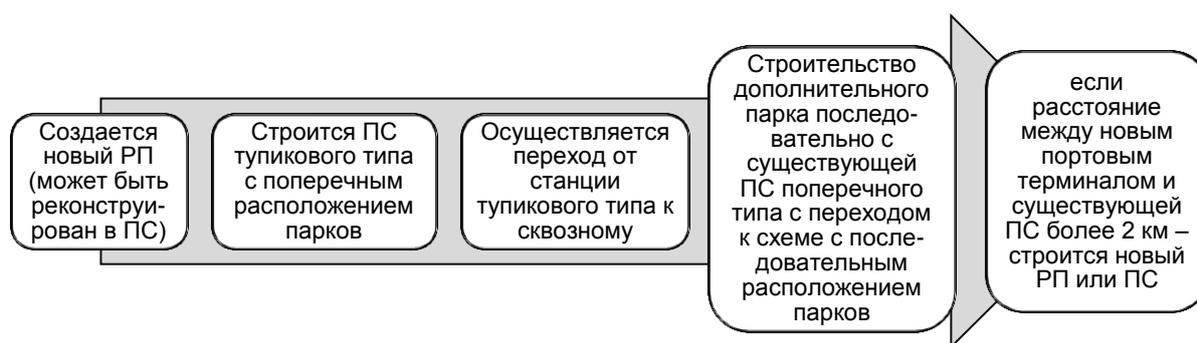


Рис. 7. Этапность развития европейских припортовых железнодорожных узлов:
РП – районный парк; ПС – портовая станция

Учитывая опыт работы припортовых железнодорожных узлов в течение последних двух десятилетий очевидной становится необходимость создание резерва путевого развития железнодорожных станций на ближних и дальних подходах к порту, чтобы компенсировать нарушение планируемых объемов работы портовых комплексов, вызванных неравномерностью работы морского транспорта и влиянием климатических и метеорологических факторов и исключить отставание от движения грузовых поездов назначением в порт.

При этом необходимо четко оценивать сроки окупаемости вложенных средств, техносферную и экологическую безопасность предлагаемых технических и технологических решений.

Библиографический список

1. Стратегия развития морской портовой инфраструктуры России до 2030 года [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.rosmorport.ru/media/File/strategy.pdf>.
2. Официальный сайт Федерального агентства морского и речного транспорта [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.morflot.ru>.
3. Об инвестиционных проектах ОАО «Российские железные дороги» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://government.ru/docs/16441>.
4. Port of Rotterdam [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.portofrotterdam.com/en>.
5. Port of Hamburg [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.hafen-hamburg.de>.

О РАЗВИТИИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ И ЛОГИСТИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЯХ В РАМКАХ ТРАНСПОРТНЫХ КОРИДОРОВ

Голоскоков В.Н.

Октябрьская железная дорога – филиал ОАО «РЖД» (Санкт-Петербург)

Развитие международных транспортных коридоров в том или ином виде обсуждается уже не один десяток лет, и за это время в мире произошли глобальные геополитические и макроэкономические перемены. Тем не менее, эта тема приобретает высокую степень актуальности именно в наши дни – в рамках 4-ой промышленной революции и с учетом развития глобального цифрового пространства. Компания ОАО «РЖД» развивается в фарватере мировых транспортных тенденций и внедряет комплексные решения на основе информационных технологий.

Современные цифровые решения гармонично интегрируются в проект по организации полигонных технологий в компании российские железные дороги.

Первые элементы полигонных технологий были внедрены Октябрьской железной дорогой еще в начале двухтысячных годов для подготовки полувагонов и формирования маршрутов под погрузку угля на Западно-Сибирскую железную дорогу. Впоследствии на этом же направлении компанией был реализован первый полноценный сетевой проект по организации тяжеловесного движения на полигоне Кузбасс – Северо-Запад.

В рамках развития полигонной технологии и сквозного движения поездов на направлении Кузбасс – Северо-Запад 4 августа 2017 года по междорожному стыковому пункту Кошта было принято и сдано 91 пара поездов при графиковых 73 парах, что является историческим максимумом передачи.

С целью освоения возрастающих объемов перевозок на этом направлении реализуется инвестиционный проект по комплексной реконструкции участка Мга – Гатчина – Веймарн – Ивангород. В текущем году уже завершаются работы по электрификации участка Веймарн – Лужская и собственно Усть-Лужского узла. Совокупный эффект от экономии эксплуатационных расходов для компании достигнет 450 млн руб. в год (см. рис. 1).

Самое главное, что на всём полигоне от Сибири до Северо-Запада будет организовано движение поездов на электрической тяге. В связи с этим мы меняем схему тягового обслуживания с максимальным удлинением плеч. На Октябрьской дороге эта работа уже ведется.

На регулярной основе обращаются поезда без смены локомотива и локомотивной бригады на участке Бабаево – Лужская длиной 482 км. Упразднен пункт технического обслуживания локомотивов на станции Волховстрой, а также пункт смены локомотивов и бригад по станции Гатчина.

В рамках полигона Кузбасс – Северо-Запад перспективным также является направление грузопотоков в адрес портов на северном берегу Финского залива. И здесь важным проектом стал ввод построенной новой железнодорожной линии Лосево – Каменногорск. С 7 августа 2017 года графиком движения предусмотрен пропуск по участку 9 пар поездов ежедневно. Одновременно завершается реализация первого этапа строительства вторых железнодорожных путей на участке Выборг – Приморск – Ермаково, что позволит обеспечить перевозку дополнительно 3,3 млн тонн груза в адрес портов Приморск и Высоцк.

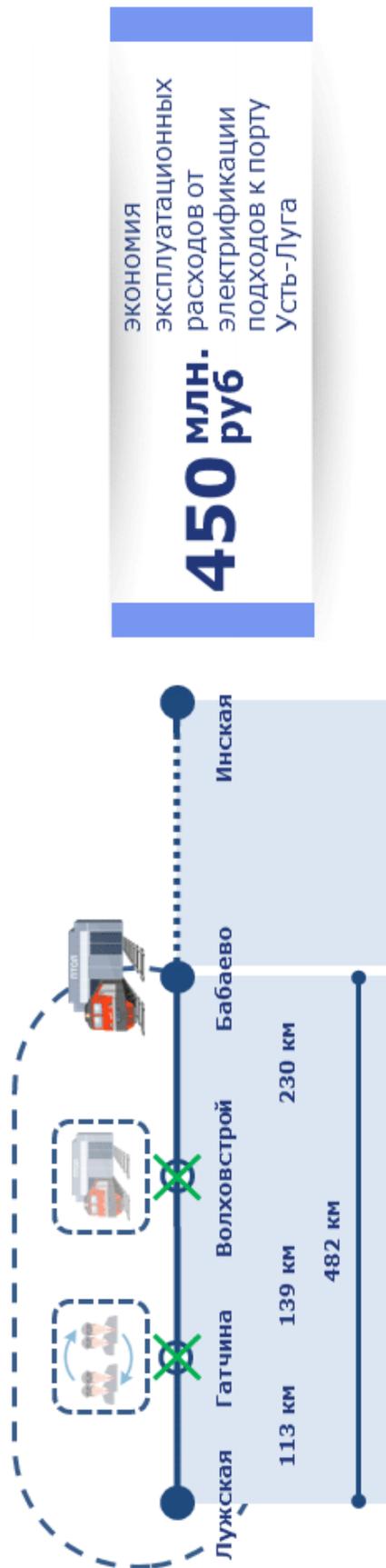


Рис. 1. Комплексная реконструкция участка Мга – Гатчина – Веймарн – Ивангород

15 августа 2017 года на участке Бабаево – Высоцк, протяженность которого составляет 506 км, состоялась опытная поездка грузового состава без смены локомотива и локомотивной бригады в пути следования. В настоящее время это самое длинное плечо работы в грузовом движении на сети железных дорог.

Завершение строительства линии Лосево – Каменногорск с организацией движения поездов по новому участку в адрес российских портов на северном берегу Финского залива и госграницы потребует развития подходов на участке Горы – Заневский пост – Ручьи – Лосево с усилением системы тягового электроснабжения.

В целом наличие «барьерных» мест по хозяйству электрификации и энергоснабжения становится сдерживающим фактором в освоении растущего грузопотока как в адрес портов на южном и северном берегах Финского залива, так и в адрес портов на восточном и западном берегах Кольского залива.

Ликвидация «барьерных» мест по хозяйству электрификации и энергоснабжения позволит не только повысить пропускную, но и провозную способность железнодорожных линий.

Это особо важно при рассмотрении такого конечного пункта полигона Кузбасс – Северо-Запад как Мурманский транспортный узел.

Развитие железнодорожной инфраструктуры на подходах к Мурманскому транспортному узлу необходимо для освоения растущего грузопотока в адрес Мурманского морского торгового порта и перспективного грузопотока в адрес порта на западном берегу Кольского залива (см. рис. 2). На отдельных участках коэффициент заполнения пропускной способности перегонов выше допустимого.



Рис. 2. Существующий и перспективный грузопоток в адрес Мурманского транспортного узла

В перспективе до 2025 года по данным института экономики и развития транспорта на этом направлении планируется увеличение грузопотока в 2,1 раза.

Говоря о внедрении комплексных решений для полигонов на основе современных информационных технологий, нам необходимо определить ключевые процессы для транспортных коридоров.

На рис. 3 представлена условная схема транспортного коридора, включающая в себя такие ключевые процессы как предъявление клиентом заявки на перевозку груза, оформление перевозочных документов с участием морских портовых терминалов, таможи, иных надзорно-контролирующих органов, а также доставку груза в точку назначения и формирование финансовой отчетности.

Важно отметить, что ещё несколько лет назад документационное обеспечение каждого из процессов, представленных на рис. 3, осуществлялось в аналоговом формате (документы оформлялись и подписывались на бумажном носителе).

Специалистами компании была проделана огромная работа по реформатированию и оптимизации более 100 операционных и производственных процессов, их трансформации в электронную среду с последующей реализацией в виде цифровых клиентских сервисов. К системе ЭТРАН, которая уже много лет является базовым сервисом для клиентов, теперь добавилась электронная торговая площадка «Грузовые перевозки». С её развитием *в перспективе* клиент получит доступ к широкому спектру логистических услуг холдинга ОАО «РЖД», в том числе с мобильных устройств (см. рис. 4).

С начала ввода торговой площадки в эксплуатацию в апреле текущего года только в границах Октябрьской железной дороги подано уже более полутысячи заявок. Дочерние компании ОАО «РЖД» также идут в ногу с требованиями рынка, ими реализованы удобные мобильные приложения в сегменте грузовых перевозок, которые можно скачать в популярных он-лайн магазинах.

Как промежуточный итог развития цифровых клиентских сервисов и внедрения электронного документооборота в настоящее время мы уже достигли порядка 90% перевозок в формате электронного взаимодействия. Однако, эти результаты относятся пока только к той части транспортного коридора, которая приходится на внутригосударственное сообщение. Что касается полной линейки процессов на всем протяжении транспортного коридора, включая таких участников как портовые терминалы, таможня и иные надзорно-контролирующие органы, то здесь развитие цифрового взаимодействия ещё только набирает обороты. На данный момент внедрены технологические решения, связанные с электронным оформлением в системе ЭТРАН полного комплекта перевозочных документов на перевозку порожнего подвижного состава в сообщении с Финляндией, Белоруссией, Латвией, Эстонией, Литвой и Казахстаном. Если рассматривать движение груженых маршрутов, то в прошлом году на Октябрьской железной дороге совместно с нашими клиентами-экспортерами реализован первый в России проект перевозки промышленного сырья в сообщении с Финляндией. Особенность этого эксперимента заключается в организации взаимодействия всех участников, в том числе и надзорно-контролирующих органов, полностью в рамках цифрового пространства. Как следствие простой вагонов на пограничной станции снизился на треть, а время таможенной обработки одного поезда с 60 до 15 минут.

На основе полученных результатов, в марте текущего года Правительством Российской Федерации приняты решения о внесении изменений в нормативно-правовые акты, в первую очередь в налоговый кодекс, которые позволят в 2018 году тиражировать наш опыт на перевозки со странами Таможенного союза и Восточной Европы. Важнейшим компонентом общего плана перехода в цифровой формат организации перевозок должны стать электронизация товаро-сопроводительных документов, таких как ветеринарный и карантинный сертификаты, декларации на опасные грузы, санитарно-эпидемиологические заключения и другие.

Одним из ключевых звеньев международного транспортного коридора является элемент, в котором происходит переход грузопотока с железнодорожного на морской

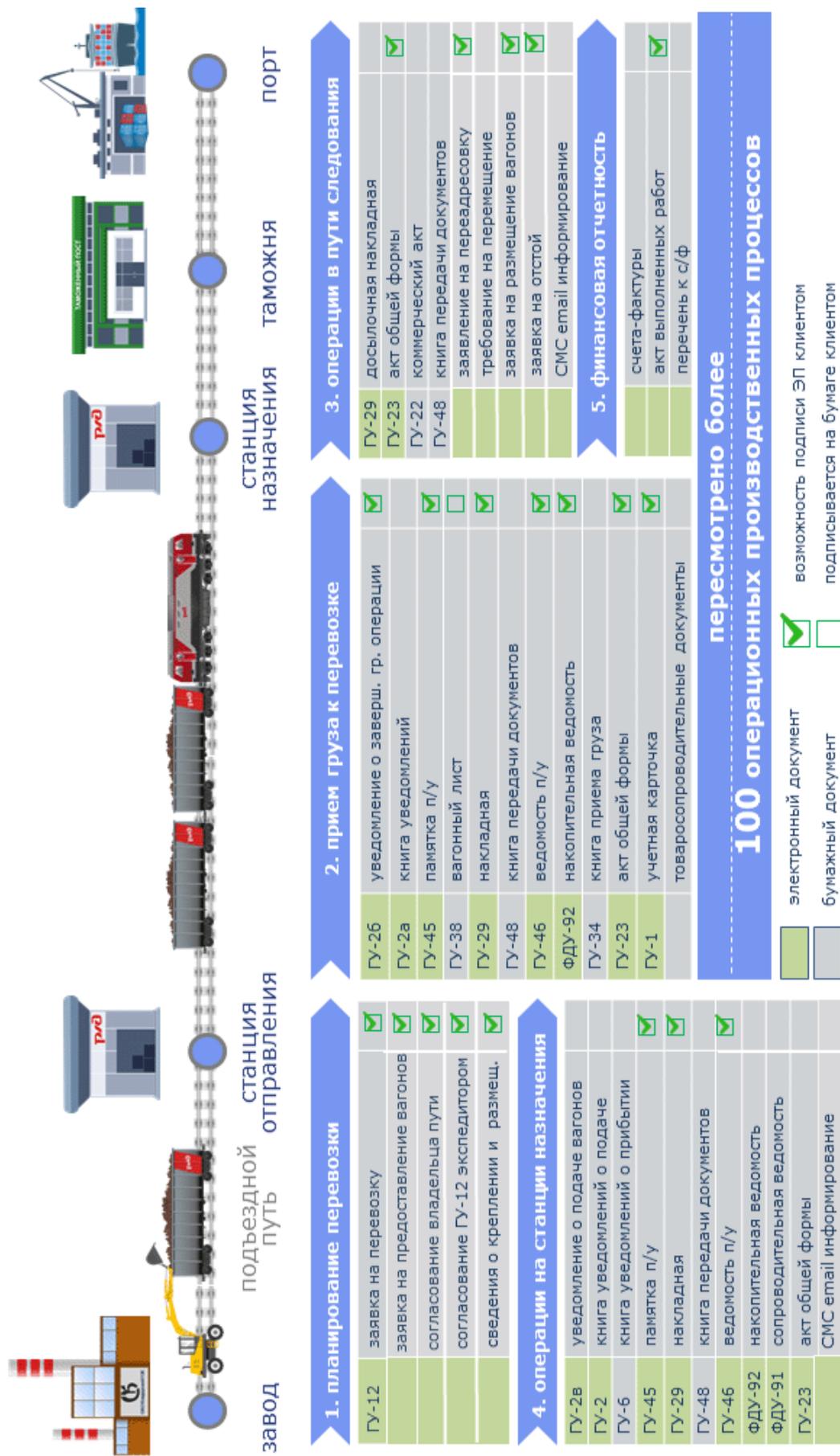
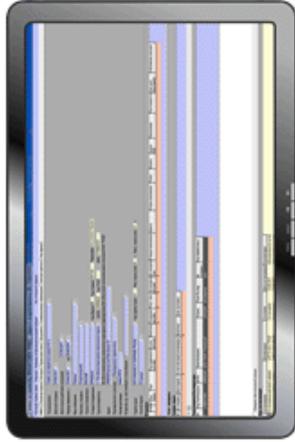


Рис. 3. Организация перевозок внутри транспортных коридоров в формате электронного взаимодействия

ЭТРАН

формирование перевозочных документов on-line
возможность электронной подписи
обмен данными электронных накладных с иностранными железными дорогами
контроль состояния лицевого счета
формирование в электронном виде финансовой отчетности



Торговая площадка

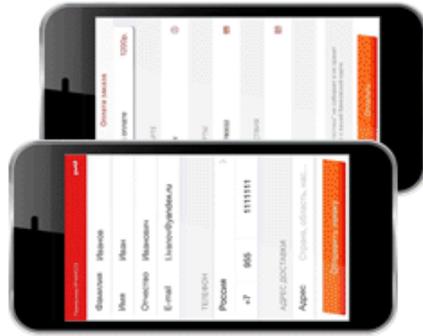
предоставления линейки универсального подвижного состава
размещение собственниками своего подвижного состава в качестве коммерческого предложения
реализуется возможность по оказанию терминальных услуг силами и средствами РЖД
отслеживание статуса заказа с использованием популярного мессенджера



IT

приложение РЖД логистика

формирование сложных логистических услуг
расчет сроков доставки и мониторинг статуса заказов on-line
возможность оформления дополнительных услуг (упаковки, страхования, хранения)
доставка мелких грузов
оплата on-line банковской картой



приложение Трансконтейнер

оформление услуг перевозки on-line
предварительный расчет стоимости перевозки on-line
заказ и оплата без обращения в офис
управление заказами через личный кабинет
круглосуточная клиентская поддержка



Рис. 4. Развитие цифровых клиентских сервисов в рамках логистических решений

транспорт. На полигоне Октябрьской железной дороги находятся 7 портов, самым крупным из которых является порт Усть-Луга. Примыкающая к портовой инфраструктуре железнодорожная станция Лужская является одной из самых крупных выгрузочных станций страны с объёмом переработки более трёх тысяч вагонов в сутки. К тому же она является своеобразным полигоном для отработки инновационных технологий, в том числе в области цифровой логистики. На станции продолжается тестирование маневровых локомотивов, управляемых с помощью микропроцессорной системы в дистанционном режиме без машиниста. По сути, мы уже вошли в финальную стадию этого уникального эксперимента. Полученный опыт станет основой и для создания беспилотной системы управления движением на Московском центральном кольце.

Подводя итог вышеизложенному, следует отметить, что проводимые на полигоне Октябрьской железной дороги работы развитию электронных сервисов и цифровых технологий является частью глобального интегрального проекта компании «Цифровая железная дорога», который призван принципиально изменить представление о качестве и формате транспортных услуг. Реализация всех цифровых инициатив, предусмотренных данным проектом компании ОАО «РЖД», в совокупности с качественным развитием инфраструктуры станет мощной основой для укрепления транспортных связей между государствами и развития глобальной цифровой экономики.

УДК 656.025

ОРГАНИЗАЦИЯ ПЕРЕВОЗКИ НЕФТЕНАЛИВНЫХ ГРУЗОВ В АДРЕС МОРСКИХ ПОРТОВЫХ КОМПЛЕКСОВ

Ромашов И.В., Соколов В.М.

Общество с ограниченной ответственностью «Трансойл» (Санкт-Петербург)

За последние 10 лет в России наблюдается существенное увеличение перевозок традиционных наиболее объемных грузовых номенклатур в направлении морских портовых комплексов, включая уголь, черные металлы, нефтеналивные грузы, зерновые грузы, минеральные удобрения.

На рис. 1 представлена динамика грузооборота портов Балтийского, Азово-Черноморского и Дальневосточного бассейнов за период 2011-2016 годы.

Из данных рис. 1 видно, что если в 2011 году грузооборот порта Усть-Луга составлял 22,6 млн тонн, то по итогам 2016 года он достиг 93,4 млн тонн, в том числе по нефтеналивным грузам в 2011 году мощности перевалки составляли 6,5 млн тонн, в 2016 году – 30,5 млн тонн, или в 4,7 раз больше.

Грузооборот портов Азово-Черноморского бассейна в 2011 году составлял 178 млн тонн, по итогам 2016 года он достиг 248 млн тонн. По перевалке нефтепродуктов в 2011 году мощности терминалов оценивались на уровне 28,9 млн тонн, по итогам 2016 года – 59,4 млн тонн, в том числе 46 млн тонн – мощности терминалов, принимающих нефтепродукты только по железной дороге.

Грузооборот портов Дальневосточного бассейна в 2011 году составлял 125,2 млн тонн, по итогам 2016 года он достиг 185,5 млн тонн, то есть увеличился в 1,5 раза.

Доля «Трансойла» в перевозках нефтеналивных грузов железнодорожным транспортом (см. рис. 2) в адрес порта Усть-Луга в последние годы достигла 70% или 21 млн тонн. В перевозках нефтеналивных грузов в адрес портов Азово-Черноморского бассейна в последние годы держится у отметки 40%, или 14-15 млн тонн. Также доля

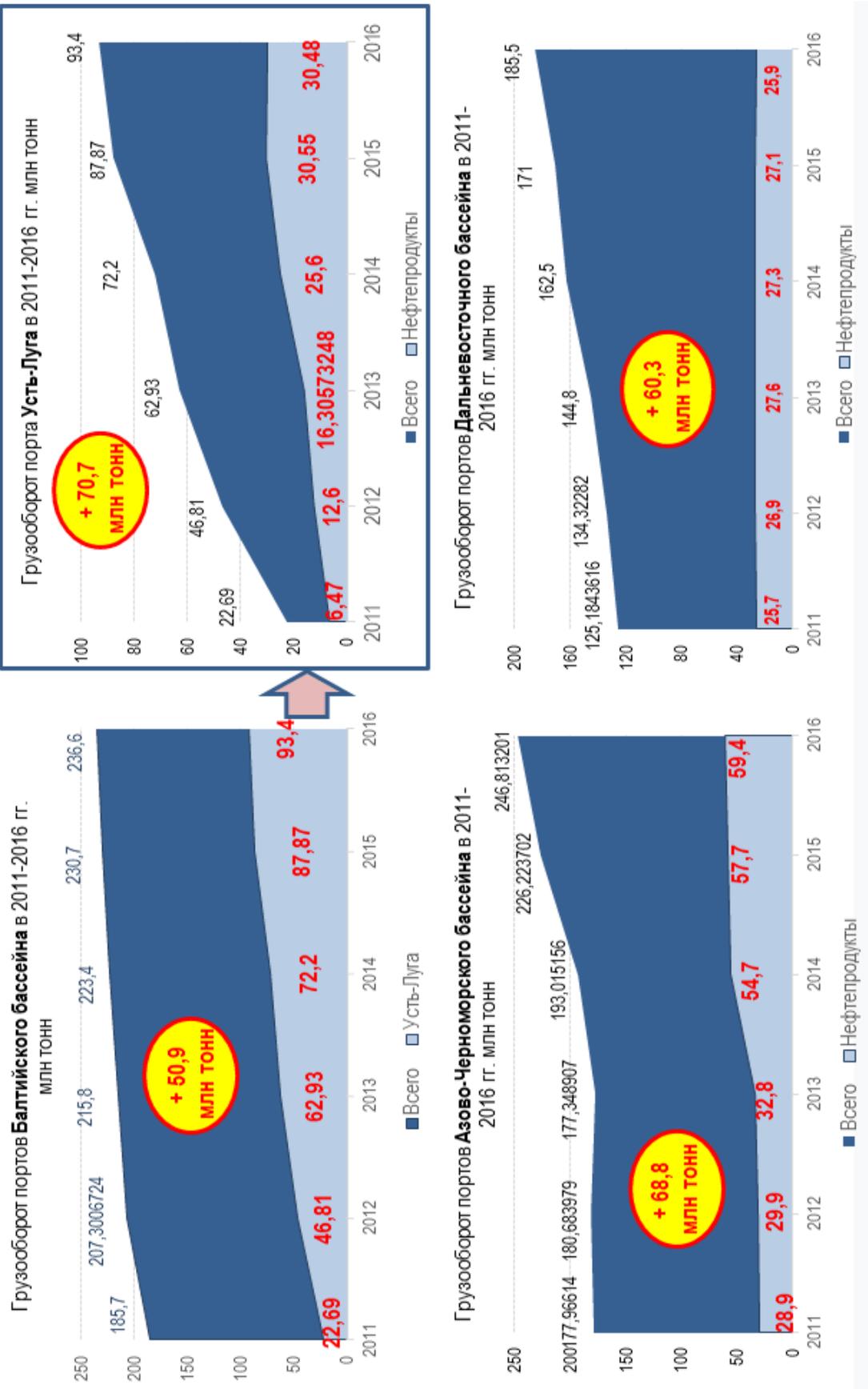
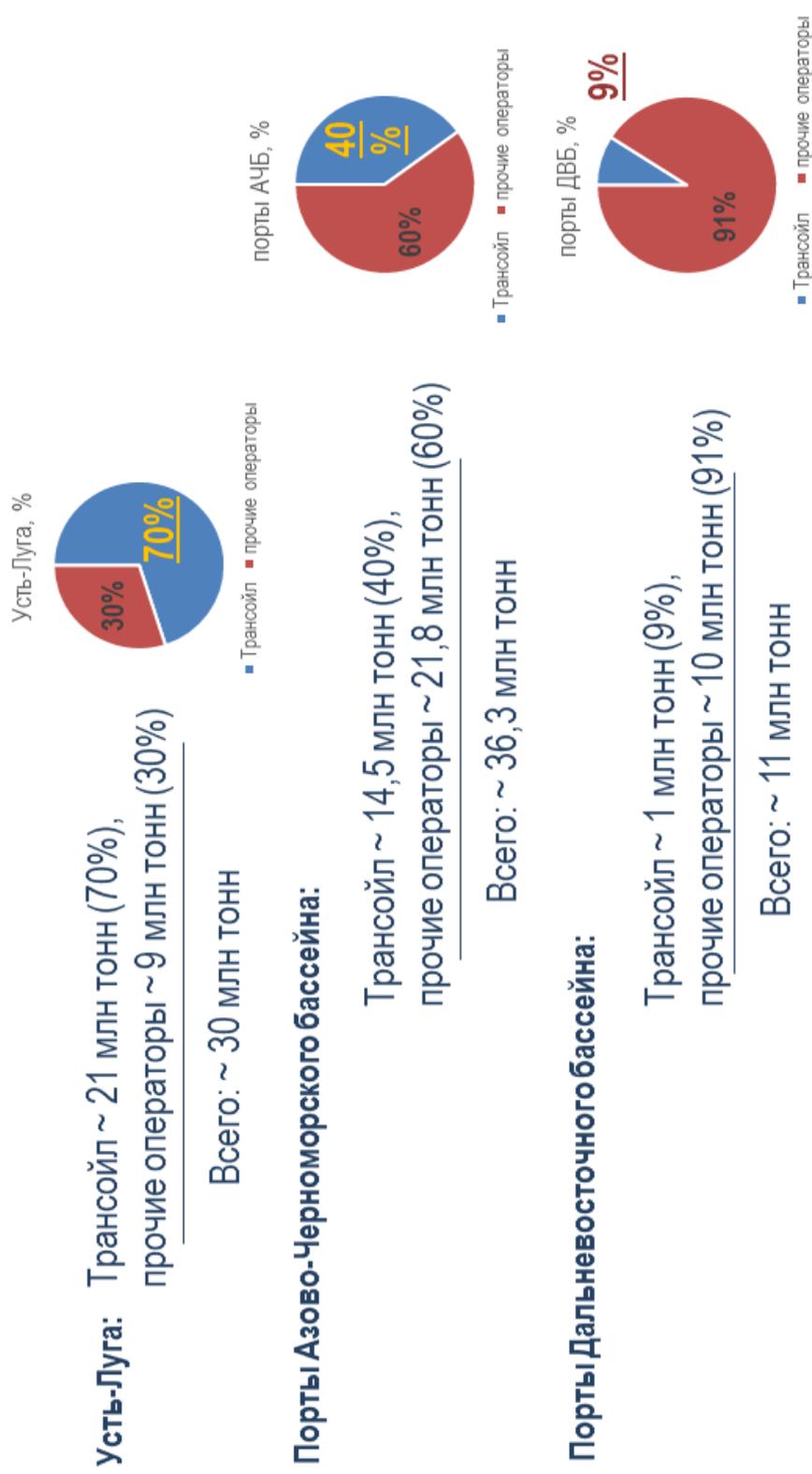


Рис. 1. Динамика грузооборота портов Балтийского, Азово-Черноморского и Дальневосточного бассейнов за период 2011-2016 годы



Трансойл организует железнодорожные перевозки свыше **36 млн тонн в год** нефтеналивных грузов в адрес морских портовых комплексов России, что составляет **46,6%** всех ж/д перевозок нефтеналивных грузов в морские порты АЧБ, ДБВ и Усть-Лугу

Рис. 2. Объемы железнодорожных перевозок грузов в адрес морских портовых комплексов Азово-Черноморского и Дальневосточного бассейнов и в Усть-Лугу (усредненные оценки за период 01.01.2015 – 30.09.2017 гг.)

«Трансойла» в перевозках нефти и нефтепродуктов в адрес портов Дальневосточного бассейна в последние годы растет, и по итогам 9 месяцев 2017 года составила 9% или 1 млн тонн. Суммарный объем нефтеналивных грузов «Трансойла» в адрес указанных портовых комплексов превышает 36 млн тонн, или более 50% всех объемов наших перевозок нефтеналивных грузов.

Для «Трансойла» бесперебойность всего цикла *погрузка – перевозка – перевалка* и высокое качество логистики грузопотоков на рассматриваемых плечах перевозок представляет важнейшую задачу. Её оптимальное решение может быть достигнуто исключительно при организации и отладке четкого взаимодействия между всеми участниками перевозочного процесса.

От участников перевозочного процесса, представляющих транспортную отрасль, требуется обеспечивать:

- 1) минимальное занятие инфраструктуры, в том числе сокращение до минимума количества отставленных от движения груженых вагонов;
- 2) своевременное возвращение железнодорожных составов обратно под погрузку;
- 3) минимальные простои судов и занятие причальных стенок.

Для организации эффективного взаимодействия между морскими портами, железнодорожными компаниями, грузоотправителем и грузополучателем необходимо, чтобы грузопоток был синхронизирован, и все участники перевозочного процесса понимали возможности и перерабатывающие способности друг друга. Эти мощности должны быть сбалансированы.

Кроме того, в направлении морских портовых комплексов рассматриваемых водных бассейнов сосредоточены продажи нефтепродуктов из разных регионов. Отсюда формируются повышенные обязательства поразвитию не только площадок погрузки, железнодорожных подходов к портам и терминальных емкостей. Все перечисленные инфраструктурные проекты должны быть еще четко увязаны с политикой трейдинговых компаний: объемы закупаемых товарных партий, ценообразование, прочие обязательства перед конечными покупателями зачастую имеют решающее значение при выборе терминала, на котором формировать танкерные партии.

На протяжении многих лет в отраслевом пространстве обсуждается несовершенство перевозочного процесса в направлении морских портов и ведется поиск способов преодоления имеющихся проблем.

Среди многочисленных проблем особо выделяют следующие:

1. Нехватка стратегического планирования развития транспортной инфраструктуры, которая должна соответствовать перспективной, зафиксированной грузовой базе и единого центра, который сможет аккумулировать такую информацию и заблаговременно координировать планы и программы развития портовой, железнодорожной инфраструктуры на конкретных участках.

2. Недостаточно высокий уровень организационно-технологического взаимодействия участников перевозочного процесса, что в том числе вызвано несовершенством законодательства, регулирующего ответственность каждого из участников за своевременную доставку груза, и, как следствие, перекладывание финансовой ответственности за невыполнение сроков доставки на железную дорогу.

3. Наличие «узких мест» на железнодорожной инфраструктуре, запаздывание в расширении пропускной способности на фоне фактически возросших объемов грузопотоков.

4. Нехватка емкостей для временного хранения груза на терминалах в портах, и, как следствие, образование «складов на колесах».

5. Проблемы синхронизированной модернизации инфраструктуры на станциях погрузки и выгрузки.

Эксплуатационная работа, проводимая группой «Трансойл» включает в себя:

1. Работу с грузоотправителями по оптимизации их производственных процессов на путях необщего пользования, по синхронизации доставки железнодорожных составов с грузом с подходами танкеров.

2. Активное использование оперативного ежедневного планирования и контроля работы припортовых станций, включая:

- оперативную координацию работы всей транспортной цепочки от погрузки вагонов до подвода флота;
- планирование и контроль подачи и уборки вагонов;
- планирование расстановки вагонов с разной номенклатурой грузов.

В порту Усть-Луга, существенный вклад в выполнение этой работы вносит маневровый оператор АО «ПУЛ транс».

3. Мероприятия по:

- сглаживанию неравномерности погрузки в течение месяца;
- обеспечению ритмичности движения грузовых поездов;
- предотвращению последствий возможных сбоев из-за несвоевременного подвода флота.

ООО «Трансойл» стремится участвовать в развитии информационно-управляющих сервисов с участниками перевозочного процесса, которые позволяют добиваться более экономичного и рационального использования подвижного состава, задействованного в обслуживании экспортных грузопотоков, а также помогает оптимизировать работу с вагонами как на станциях погрузки, так и на выгрузке в портах.

Важно добиться такого качества логистической услуги, которое полностью отвечает потребностям клиента.

В качестве выводов и предложений целесообразно отметить следующее:

1. Необходима дальнейшая системная работа в области выработки единых правовых и нормативных документов, регламентирующих информационный обмен между участниками перевозочного процесса (стандарты, форматы, типовые формы договоров и т.д.) и определяющих взаимную ответственность сторон.

2. Необходимо совершенствовать систему стратегического планирования развития транспортной инфраструктуры в соответствии с долгосрочными подтвержденными планами грузовладельцев, чтобы в будущем избежать ситуации настоящего времени, когда пропускные способности транспортной инфраструктуры зачастую являются элементом, сдерживающим развитие грузопотоков. Это, в том числе, будет способствовать сохранению грузов на железной дороге.

3. Особое внимание следует уделить планированию перевозок в адрес портов, причем как на этапе составления плана формирования, так и в оперативном порядке, с учетом фактических возможностей морских портов и имеющихся договоров на отстой вагонов и ответственности за невыполнение норм выгрузки.

4. Важно учитывать приоритетность грузов, следующих в направлении портовых комплексов, с учетом инфраструктурных ограничений, а также планировать обеспечение перевозочного процесса необходимым количеством локомотивов, укомплектованных локомотивными бригадами.

В завершении следует ещё раз отметить, что технологическая и логистическая оптимизация крайне важна для успешного развития бизнеса всех участников перевозок. При этом рост объемов железнодорожных грузопотоков в адрес российских портов и отладка своевременной доставки возможна лишь при комплексном подходе к возникающим проблемам и слаженном взаимодействии всех участников перевозочного процесса.

О РАЗВИТИИ ИНФРАСТРУКТУРЫ И ЛОГИСТИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ НА ПОЛИГОНЕ ОКТЯБРЬСКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ

Дорофеевский С.А.

Октябрьская железная дорога – филиал ОАО «РЖД» (Санкт-Петербург)

Основными направлениями погрузки сети в настоящее время являются торговые порты, в том числе Северо-Западного региона. За последние 20 лет выгрузка в портах Северо-Запада выросла в 10 раз (см. рис. 1) и достигла в 2017 году 5814 вагона в сутки (по итогам работы за 9 месяцев). В дальнейшем прогнозируется сохранение этой тенденции. Согласно исследованиям АО «ИЭРТ» к 2020 году объёмы выгрузки в портах Северо-Запада достигнут 6450 вагонов в сутки.



Рис. 1. Динамика выгрузки на станциях Октябрьской железной дороги за период 1996-2017 гг., ваг. ср./сут.

В настоящее время мощности морских терминалов Северо-Запада по ряду номенклатур используются не в полном объеме. Существуют значительные резервы по выгрузке наливных грузов – 700 ваг/сут, контейнеров – 400 ваг/сут, черных металлов – 200 ваг/сут и цветных металлов – 80 ваг/сут. При этом мощности угольных терминалов загружены практически на 100%. Для обеспечения переработки дополнительного объёма угля в настоящее время начата реализация проекта по развитию подходов к порту «Лавна».

Порт «Лавна» (см. рис. 2) на западном берегу Кольского залива будет являться одной из важнейших составляющих Мурманского транспортного узла. Мощность перевалочного комплекса, согласно проекту, составит до 18 млн тонн в год.

Особенностями данного проекта является то, что порт Мурманск незамерзающий и обеспечивает прямой выход к Мировому океану, техническая возможность перевалочного комплекса сможет обеспечить обработку судов дедвейтом до 150 тыс. тонн – это большое конкурентное преимущество, так как ни один из портов Балтийского моря не способен принимать такие суда.

Проектируемая железнодорожная линия Выходной – Лавна

Наименование показателей		Показатель
Начальный пункт (примыкание к общей сети железных дорог РФ)		Станция Выходной
Конечный пункт		Станция Лавна
Строительная длина, км		45 (уточн. проектом)
Полезная длина приемоотправочных путей, м		1050
Весовая норма грузовых поездов в обоих направлениях, т		6500
Годовая приведенная грузо-напряженность на 2025 г., млн. т		28

Основные характеристики портового комплекса

№ п/п	Наименование	Ед. изм.	Количество		
			I-я очередь	II-я очередь	III-я очередь
1	Грузооборот	млн.т/год	6,0	12,0	18,0
2	Емкость угольных складов	тыс.т	630	1 200	1 500
3	Площадь открытых складов	м ²	62 000	124 000	155 000
4	Расчетные суда		СН-150	СН-150	СН-150
5	Причалный фронт				
5.1	Уголь:				
	- количество	ед.	1	2	2
	- длина	м	330,0	636,0	636,0
	- глубина	м	20,0	20,0	20,0
5.2	Портофлот (вспомогательный):				
	- количество	ед.	1	1	1
	- длина	м	75	75	75
	- глубина	м	min 5	min 5	min 5

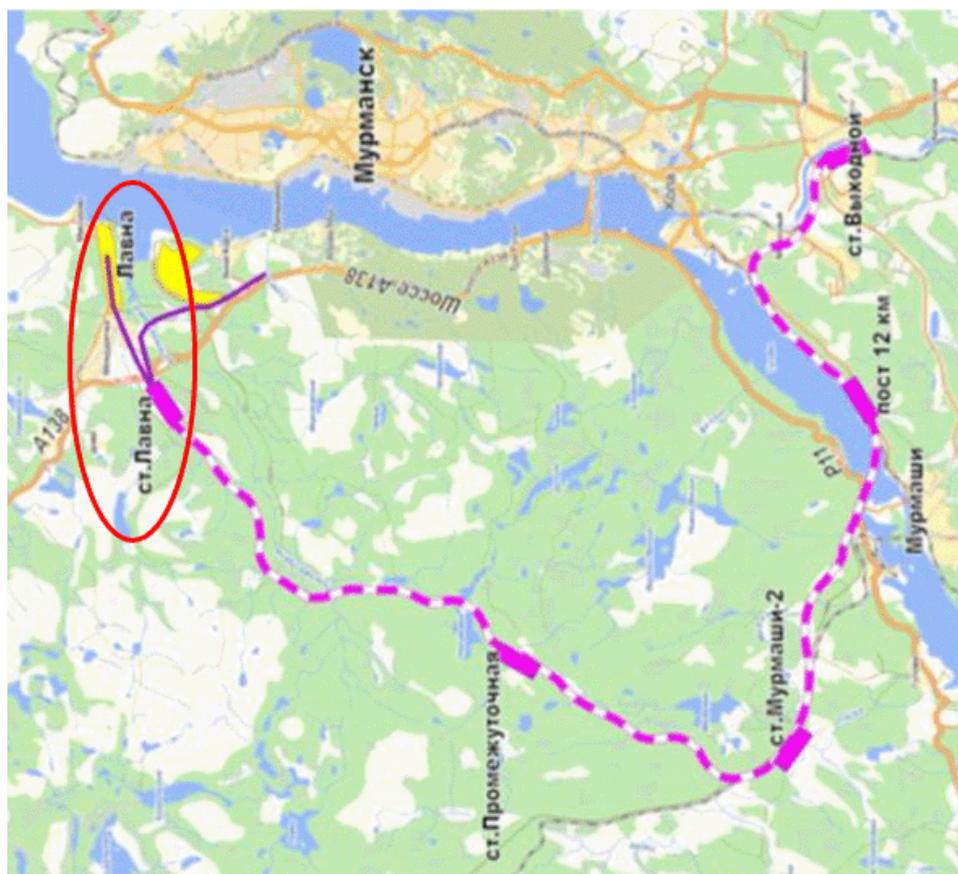


Рис. 2. Перспектива развития Мурманского порта

Для освоения прогнозируемых объемов перевозок в порты Северо-Запада необходимо развитие железнодорожной инфраструктуры на подходах.

В настоящее время на полигоне дороге реализуются несколько проектов, обеспечивающих увеличение пропускной и перерабатывающей способности.

На первом этапе реконструкции в рамках титула «Развитие направления Савелово (вкл.) – Сонково – Мга (вкл.)» предусматривается обеспечение пропуска 14 пар грузовых поездов длиной 57 условных вагонов, что обеспечит переключение части поездопотока с направления Вологда – Волховстрой – Мга на Сонковское направление, не имеющее в настоящее время необходимых резервов пропускной способности.

Реконструкция станции Волховстрой I обеспечит пропускную способность, приём и отправку поездов длиной 71 и 100 условных вагонов, что позволит увеличить перерабатывающую способность парка приёма на 9 поездов в сутки.

Для дальнейшего развития инфраструктуры нами предлагаются к реализации такие мероприятия, как:

- развитие направления Волховстрой – Мурманск для обеспечения пропуска 45 млн тонн;
- реконструкция станции Беломорск с увеличением перерабатывающей способности до 1700 вагонов в сутки;
- дальнейшее развитие станции Волховстрой I в соответствии с Генеральной схемой развития Волховстроевского железнодорожного узла на срок до 2025 года;
- реализация проекта по реконструкции станции Выходной состроительством сортировочной системы в условиях развития порта Лавна;
- строительство дополнительных главных путей на участке Заневский Пост-2 – Ржевка – Ручьи для обеспечения подвода грузопотока к новой линии Лосево – Каменогорск.

В рамках полигонной модели управления проводится работа по увеличению плеч обслуживания локомотивов и локомотивных бригад (см. рис. 3), что уже позволило с запуском пункта технического обслуживания локомотивов (ПТОЛ) Бабаево в 2016 году исключить из технологии работы производство ТО-2 локомотивам на ПТОЛ Волховстрой и смену локомотивных бригад в Волховстроевском узле. При вводе электрификации участка Веймарн – Лужская организовано движение без смены локомотивных бригад на плече Бабаево – Лужская протяжённость 482 км.

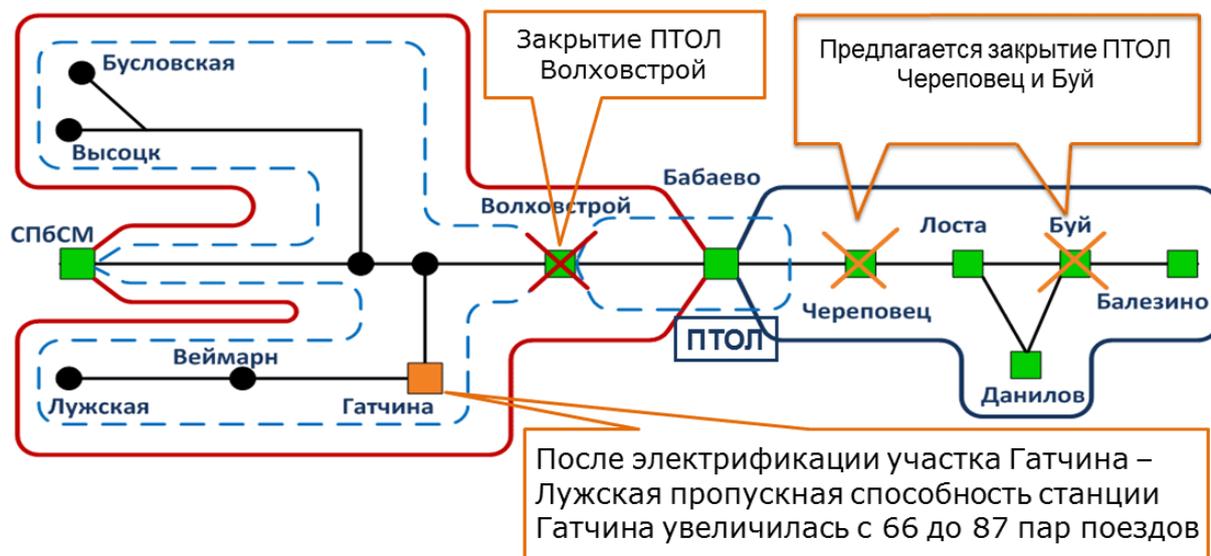
Для повышения доли влияния полигонных технологий в перевозочном процессе и сокращения издержек компании предлагается исключить проведение ТО-2 локомотивам постоянного тока по ПТОЛ Буй и Череповец.

Развитие инфраструктуры является одним из ключевых факторов, направленных на увеличение грузопотока. В то же время перед нами стоит задача повышения качества обслуживания клиентов и расширения спектра предоставляемых услуг в перевозочном процессе.

В настоящее время на полигоне Октябрьской железной дороги предоставляются такие дополнительные услуги, как:

- размещение груженых и порожних грузовых вагонов в пути следования на железнодорожных путях общего пользования;
- формирование отправительских маршрутов из вагонов нескольких отправителей на путях общего пользования;
- формированием составов на сортировочных путях станции Лужская.

Развитие сортировочной системы станции Лужская позволяет предлагать новые услуги, связанные с формированием составов на путях станции исходя из потребностей клиентов.



ИТОГО экономия локомотивов 6,7

Экономия от сокращения локомотивного парка 147,9 млн. рублей в год.

Увеличение производительности локомотивов рабочего парка на 20,5 тыс. ткм брутто.

Рис. 3. Схема оптимизации обращения локомотивов в пределах Северо-Западного региона

Сегодня на сортировочных путях станции Лужская для грузополучателя АО «Ростерминалуголь» идет формирование групп вагонов по энергетическим характеристикам угля и судовым партиям. Для компании «Нефтетранссервис», осуществляется подбор порожних маршрутов из полувагонов в направлении погрузочных станций Октябрьской железной дороги (Падозеро, Новый Поселок, Кузнечное, Пруды, Калаамо, Леппясюрья, Хелюля, Боровинка, Заделье), станции Малиновка Западно-Сибирской железной дороги, а так же станции Шубарколь Казахской железной дороги. Для компании «БТС» из цистерн формируются порожние маршруты длиной 57 условных вагонов в адрес станций Новоярославская Северной железной дороги и Стенькино Московской железной дороги. Формирование порожних составов с длиной 71 условный вагон осуществляется для компании «Т-Сервис-Логистик» в адрес станции Шубарколь Казахской железной дороги. Формирование маршрутов в адрес сопредельного государства позволяет говорить о применении наших технологий на международном уровне. Такая работа ведется в рамках заключенных договоров и приносит компании дополнительные доходы, а клиентам востребованную услугу. В 2017 году реализация этих услуг позволила привлечь дополнительных доходов в размере 10,3 млн. рублей.

У морских терминалов, работающих в Мурманском порту также существует потребность в формировании составов по маркам угля и вместимости фронтов выгрузки. Организовать эту работу возможно по станции Беломорск. Для этого необходимы инвестиции в комплексное развитие станции.

При значительном росте грузопотока существуют риски залповой и неравномерной погрузки, превышающей перерабатывающие способности грузополучателей в морском порту. Сверхнормативная погрузка приводит к сгущенному поступлению и неприему груза морским терминалом из-за занятости фронтов выгрузки. В этих условиях мы предлагаем клиентам в порту договорную услугу использования инфраструктуры ОАО «РЖД» для временного размещения собственного подвижного состава. Эта услуга даёт возможность морским терминалам избежать последствий технологических и

логистических сбоях, связанных с неподходом флота, переизбытком груза на складах или неисправности перегрузочного оборудования.

В настоящее время с клиентами заключен 41 договор. Сегодня основными пользователями этой услуги являются АО «Ковдорский ГОК», ООО «Портэнерго», ООО «УГМК-Транс» (для АО «Ростерминалуголь»), АО «Усть-Луга Ойл». Данный договор позволяет полностью исключить риски, связанные с просрочкой в адрес портов Октябрьской железной дороги, а также получить дополнительный доход. За 8 месяцев текущего года получено 94 млн руб. дополнительных доходов. Стоимость услуги составляет 11,9 рублей в час за вагон.

В целях оперативной доставки грузов в контейнерах, ОАО «РЖД» может предложить грузоотправителям технологию по формированию контейнерных поездов на путях общего пользования станций Автово и Новый Порт. При этом вагоны, погруженные несколькими грузоотправителями, при заключении отдельного договора, могут быть сформированы на путях станции в один контейнерный поезд. Данная технология позволяет грузоотправителям исключить время ожидания накопления грузов в контейнерах до количества, достаточного для организации контейнерного поезда, привлекает на железнодорожный транспорт дополнительные объемы грузов за счет сокращения времени на перевозку. Также данная технология снижает расходы грузоотправителей на доставку грузов, позволяет перевозчику снизить эксплуатационные расходы, а также позволяет сократить время оборота вагонов.

УДК 656.222.6

ЭФФЕКТИВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ПЕРСПЕКТИВНОГО РАЗВИТИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ПОДХОДОВ К ПОРТАМ СЕВЕРО-ЗАПАДА РОССИИ

Бородин А.Ф., Бушминкин В.С., Лукина Н.В., Полякова М.Н., Поречина И.А.

Акционерное общество «Институт экономики и развития транспорта» (Москва)

Внедрение в ОАО «РЖД» полигонных технологий управления эксплуатационной работой базируется на гармонизации развития инфраструктуры. В АО «ИЭРТ» прорабатываются комплексные проекты развития Восточного полигона, включая выходы из Кузбасса и Междуреченск – Тайшет, развитие подходов к портам Северо-Запада России и Азово-Черноморского бассейна.

За прошедшие два года в корне изменен подход к технологическому обоснованию комплексных проектов развития железнодорожной инфраструктуры. Выполнены детальные проработки технологии организации движения на 2020 и 2025 гг. по полигонам указанных комплексных проектов, с вариантной проработкой и комплексной оптимизацией эксплуатационной работы по направлениям следования пассажирских и грузовых потоков, охватывающей все основные вопросы – потоковые развязки и технологию узлов с путями необщего пользования, весовые нормы поездов и маршрутизацию перевозок, план формирования и график движения поездов – с выходом на утверждаемые целевые показатели проектов и динамику их достижения по мере реализации инвестиционных мероприятий [1-3].

Технология организации движения рассматривается совместно не только с непосредственным заказчиком – ОАО «РЖД», но и с технологическим аудитором, и с комиссией Совета потребителей по работе РЖД, чтобы с согласованными позициями вы-

ходить на Комитет по приоритетным инвестпроектам РЖД при Правительстве Российской Федерации.

Морские порты Северо-Западного региона России занимают наибольшую долю в объемах перевозок грузов по сети ОАО «РЖД» в смешанном железнодорожно-морском сообщении – в 2016 году их доля составила 42%.

Объемы грузовых перевозок по сети ОАО «РЖД» через морские порты Северо-Западного региона за период 2010-2016 гг. увеличились в 1,6 раза и в 2016 году достигли 126,3 млн тонн, из них более 86% было перевалено в портах Усть-Луга, Санкт-Петербург и Мурманск. По итогам 8 месяцев 2017 года, железнодорожная составляющая грузооборота морских портов региона составила 89,4 млн тонн, что на 9% выше уровня аналогичного периода 2016 года.

Основные перспективы увеличения объемов перевозок грузов железнодорожным транспортом через российские морские порты Северо-Западного бассейна связаны с:

- развитием грузооборота существующих и созданием новых перевалочных мощностей в портах Усть-Луга (строительство терминала по перевалке удобрений), Мурманск (строительство терминала по перевалке угля в районе Лавна на западном берегу Кольского залива), Приморск (организация доставки нефтегрузов в порт железнодорожным транспортом);
- переключением отдельных существующих грузовых потоков с портов стран Балтии на российские портовые мощности;
- увеличением грузоотправителями экспортных отправок за счет роста объемов производства продукции и благоприятной конъюнктуры товарных рынков.

С целью обеспечения освоения перспективных грузопотоков в регионе ОАО «РЖД» разработало проект «Развитие и обновление железнодорожной инфраструктуры на подходах к портам Северо-Западного бассейна» (далее – Проект).

Прогноз железнодорожной составляющей грузооборота портов региона выполнен с учетом:

- прогнозов Минэкономразвития России социально-экономического развития Российской Федерации;
- стратегий и программ развития отдельных отраслей промышленности;
- стратегии развития морской портовой инфраструктуры России до 2030 года;
- декларируемых планов бизнеса по наращиванию мощностей портовых терминалов;
- долгосрочные заявки компаний-грузовладельцев по объемам отгрузки продукции в адрес морских портов.

При прогнозировании ОАО «РЖД» производится взаимоувязка вышеуказанных документов с конъюнктурой товарных рынков (как российских, так и международных) с использованием инструментария межотраслевого баланса.

По прогнозу, объемы перевозок грузов железнодорожным транспортом в сообщении с портами Северо-Западного бассейна к 2025 году могут составить 164,2 млн тонн (+37,9 млн тонн или +30% к уровню 2016 года), в том числе с портом Усть-Луга – 78,1 млн тонн (+16,3 млн тонн или +26%).

Наибольшее увеличение объемов железнодорожных перевозок грузов через порты Северо-Западного бассейна прогнозируется на 2025 год по:

- химическим и минеральным удобрениям (до 27,8 млн тонн; +12,3 млн тонн к 2016 году);
- нефтяным грузам (до уровня 57,2 млн тонн; +10,8 млн тонн);
- каменному углю (до 48,1 млн тонн; +4,3 млн тонн).

С учётом ежегодного мониторинга технико-эксплуатационного состояния желез-

нодорожной инфраструктуры, а также согласованного прогноза объемов перевозок грузов и пассажиров в железнодорожном сообщении разрабатываются прогнозные размеры движения грузовых и пассажирских поездов по участкам приоритетных направлений (с учетом весовых норм по участкам полигона).

На основании прогнозных размеров движения грузовых и пассажирских поездов выполняются расчеты перспективной потребной пропускной способности и определяются «узкие места» на перспективу.

С учетом выявленных «узких мест» для освоения прогнозных объемов перевозок разрабатывается перечень приоритетных технологических проектов и потребных мероприятий по развитию инфраструктуры и обновлению основных фондов.

Исходя из указанного перечня, определяются фактически возможные объемы и источники финансирования с учетом дефицита инвестиционных средств.

При наличии дефицита инвестиционных средств на рассматриваемый горизонт планирования производится оценка фактически достижимых параметров развития выделенных железнодорожных направлений (корректировка заданных целевых параметров).

На основе разработанных целевых технико-эксплуатационных параметров производится корректировка объемов перевозок, включающая перераспределение перспективных грузопотоков на альтернативные маршруты (при необходимости). Далее выполняется приоритизация намечаемых мероприятий по усилению пропускной способности участков с привязкой их реализации к конкретным расчетным срокам.

Результатом выполнения задачи должны стать согласованные мероприятия по развитию инфраструктуры приоритетных железнодорожных направлений, с одной стороны, обеспечивающие гармонизацию технических и технологических показателей железнодорожной инфраструктуры, а также ликвидацию ограничений в пропускной способности на всей протяженности приоритетных направлений, а с другой стороны – исключение «бросовых» работ.

В результате формируется заключение об оптимальном маршруте следования перспективного грузопотока и планируемых этапах инфраструктурного развития.

Для определения наиболее эффективной стратегии освоения перспективного грузопотока за счет комплекса взаимоувязанных решений по развитию и использованию инфраструктуры и перевозочных ресурсов выполнена детальная проработка мероприятий по развитию основных железнодорожных направлений перевозки грузов и технологии перевозочного процесса в пределах полигона от Свердловской железной дороги до портов Северо-Запада по 5 вариантам следования перспективных поездопотоков в увязке с ростом грузооборота (см. рис. 1).

В качестве *1 (исходного) варианта* принимался пропуск основных перспективных грузопотоков по кратчайшему направлению Екатеринбург – Пермь – Котельнич – Вологда – Мга – Лужская.

Организация движения грузовых поездов в остальных вариантах построена на условиях следования поездопотоков с распределением:

во *2 варианте* – между Пермским и Казанским ходами таким образом, чтобы минимизировать появление «узких мест» на лимитирующих участках Пермского хода. Количество переключаемых поездов было определено исходя из условия полного заполнения пропускной способности основного грузонапряженного направления Екатеринбург – Пермь – Вологда;

в *3 варианте* – между Пермским и Казанским ходами и между основными широтными ходами Октябрьской железной дороги (Сонково – Бологое – Дно – Псков, Манихино – Ржев – Новосokolьники и Сонково – Кириши – Мга);

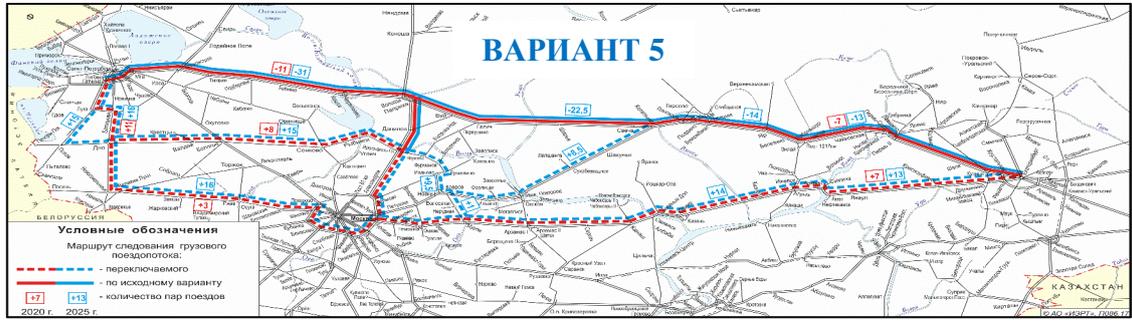
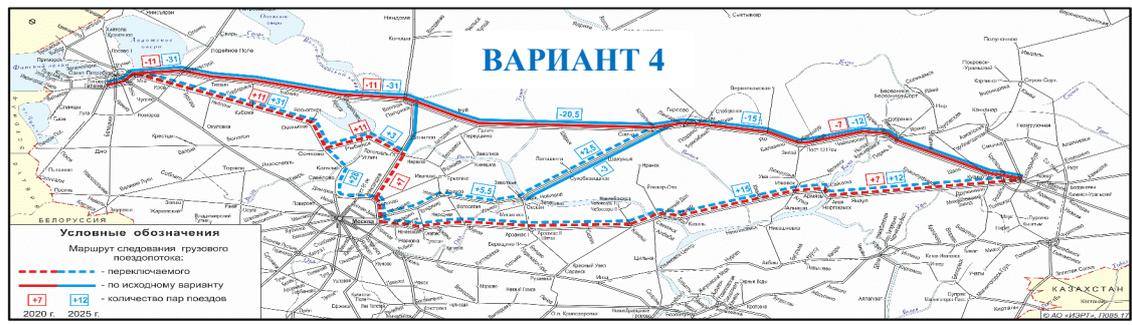
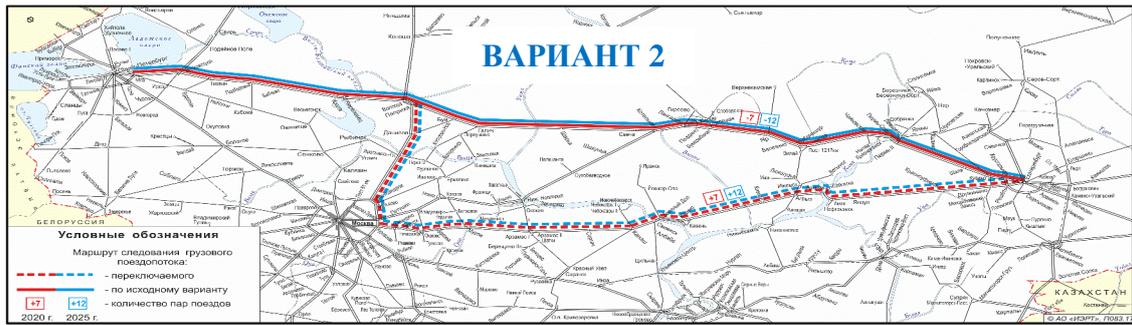
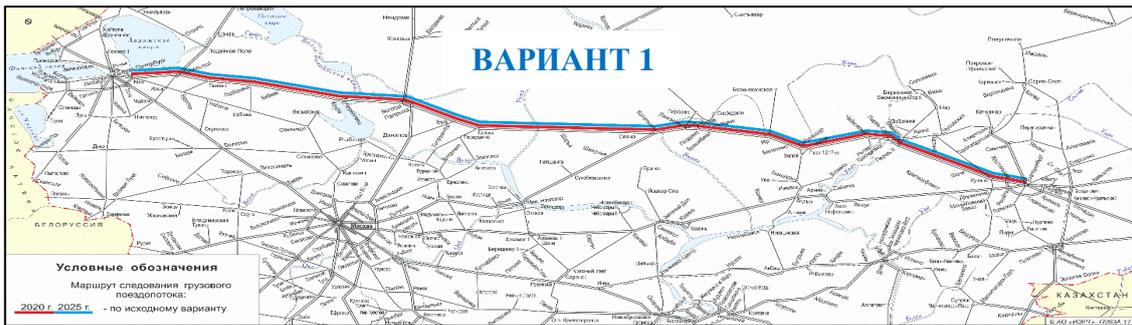


Рис. 1. Варианты распределения грузовых поездопотоков по направлениям следования на полигоне Урал – Северо-Запад

в 4 варианте – между Пермским и Казанским ходами и далее через БМО по Сонковскому ходу (направление Савелово – Сонково – Кириши – Мга) в адрес припортовых станций Октябрьской железной дороги;

в 5 варианте – между Пермским и Казанским ходами, а также распределением между основными широтными ходами Октябрьской железной дороги (Сонково – Бологое – Дно – Псков и Манихино – Ржев – Новосокольники). Кроме того, в варианте было рассмотрена возможность использования глубокого северо-восточного обхода Московского железнодорожного узла (линия Новки – Иваново – Ярославль – Рыбинск – Сонково).

С учетом принятых переключений поездопотоков суммарная протяженность «узких мест» в пропускной способности по вариантам к 2020 и 2025 годам представлена в табл. 1.

Основные преимущества и недостатки каждого из вариантов представлены в SWOT-анализе (см табл. 2).

Таблица 1

Протяженность «узких мест» по вариантам

Вариант	Протяженность «узких мест», км	
	2020 г.	2025 г.
1	1 944,10	2 200,10
2	1 855,70	2 306,80
3	2 121,10	2 753,10
4	2 121,10	2 658,80
5	1 924,20	3 746,20

Таблица 2

SWOT-анализ вариантов распределения грузовых поездопотоков по направлениям следования

Вариант 1	
<i>Сильные стороны</i>	<i>Слабые стороны</i>
Кратчайший путь следования; Минимальное время следования; Организация движения полностью осуществляется на двухпутных электрифицированных линиях	Пропускная способность наиболее загруженных участков практически исчерпана
<i>Возможности</i>	<i>Угрозы</i>
Минимальные эксплуатационные затраты; Возможность повышения провозной способности за счет организации тяжеловесного движения	Повышение пропускной способности за счет строительства третьего пути не даст значительного эффекта
Вариант 2	
<i>Сильные стороны</i>	<i>Слабые стороны</i>
Отработана технология движения грузовых поездов унифицированного веса и длины; Минимальное время следования при переключении поездопотока; Организация движения проходит по двухпутным электрифицированным линиям	Пропускная способность наиболее загруженных участков практически исчерпана

<i>Возможности</i>	<i>Угрозы</i>
Минимальные эксплуатационные затраты; Возможность повышения провозной способности за счет организации тяжеловесного движения	Повышение пропускной способности за счет строительства третьего пути не даст значимого эффекта
Вариант 3	
<i>Сильные стороны</i>	<i>Слабые стороны</i>
Равнозначное распределение нагрузки по всем широтным ходам	Отсутствие электрифицированных линий на основных грузовых направлениях
<i>Возможности</i>	<i>Угрозы</i>
Развитие инфраструктуры за счет строительства второго главного пути даст значительный прирост пропускной способности	Максимальные эксплуатационные затраты; необходимость унификации масс и длин грузовых поездов; Повышение провозной способности за счет организации тяжеловесного движения не осуществимо без дополнительного развития инфраструктуры
Вариант 4	
<i>Сильные стороны</i>	<i>Слабые стороны</i>
Наименьший перепробег при отклонении поездопотоков	Отсутствие электрифицированных линий на основных грузовых направлениях
<i>Возможности</i>	<i>Угрозы</i>
Развитие инфраструктуры за счет строительства второго главного пути даст значительный прирост пропускной способности	Значительные эксплуатационные затраты необходимость унификации масс и длин грузовых поездов; Повышение провозной способности за счет организации тяжеловесного движения не осуществимо без дополнительного развития инфраструктуры
Вариант 5	
<i>Сильные стороны</i>	<i>Слабые стороны</i>
Разнозначная загрузка всех широтных направлений	Отсутствие электрифицированных линий на ряде направлений; Наибольший перепробег при отклонении поездопотоков; Рационально переключение только грузопотоков, адресованных в порты южного берега Финского залива (Усть-Луга, Автово, Бронка и др.)
<i>Возможности</i>	<i>Угрозы</i>
Развитие инфраструктуры за счет строительства второго главного пути даст значительный прирост пропускной способности	Наличие значительных постоянных эксплуатационных затрат на организацию перевозок; Необходимость унификации масс и длин грузовых поездов; Повышение провозной способности за счет организации тяжеловесного движения не осуществимо без дополнительного развития инфраструктуры

В зависимости от вариантов пропуска поездопотоков рассчитаны мероприятия по развитию железнодорожной инфраструктуры (см. табл. 3) и затраты на их реализацию.

Таблица 3

Основные мероприятия по развитию железнодорожной инфраструктуры на периоды до 2025 гг. по вариантам пропуска перспективных поездопотоков

Мероприятия	1 вар.	2 вар.	3 вар.	4 вар.	5 вар.
Строительство дополнительных главных путей, км	578,1	432,0	244,1	328,3	153,8
Строительство разъездов, шт.	0	0	11	21	11
Реконструкция станций, включая удлинение приемоотправочных путей, шт.	68	8	94	114	210
Усиление устройств электроснабжения, км	1575,0	1788,0	1809,0	1642,0	1476,0
Оборудование участков автоблокировкой, км	0	0	359,2	494,0	256,8

Выбор рекомендуемого варианта освоения перспективных объемов грузовых перевозок осуществлен на основе минимума суммарных дисконтированных затрат ОАО «РЖД». При выполнении оценки сравнительной эффективности в составе денежных оттоков учтены только различающиеся по вариантам затраты Компании, а именно:

- инвестиционные затраты в развитие инфраструктуры сети общего пользования и приобретение тягового подвижного состава для организации грузового движения;
- зависящие затраты на пропуск перспективного грузопотока;
- условно-постоянные расходы на содержание создаваемых, в рамках реализации проекта, объектов инфраструктуры.

В табл. 4 цветовой шкалой обозначены варианты с наилучшими (зеленая заливка) и наихудшими (красная заливка) показателями.

Полученные результаты свидетельствуют, что наиболее рациональным, с точки зрения приведенных затрат является вариант 4 (с развитием Сонковского хода), где суммарные накопленные затраты составят 231,8 млрд руб. в ценах 2017 года.

Технико-технологические преимущества выбранного варианта:

- создание параллельного грузового направления, обеспечивающего эффективное распределение поездопотоков в различных сценариях их перспективной диверсификации;
- обеспечение высокой манёвренности полигона при оперативных изменениях конфигурации и мощности вагонопотоков;
- снижение рисков функциональной уязвимости полигона в условиях ремонтных работ, транспортных происшествий и др.;
- обеспечение возможности последовательного наращивания перевозочной мощности с учетом ограничений инвестиционных ресурсов Наибольшее соответствие перспективе потребного развития за горизонтом 2025 г. – создание полноценного двухпутного электрифицированного хода с отсутствием «бросовых» этапов развития полигона;
- вариант вписывается в программу специализации железнодорожных направлений;
- обеспечение возможности последующего развития скоростного пассажирского движения на направлении Москва – Ярославль, ускоренных контейнерных

перевозок на полигоне, развития регулярной или скоростной доставки грузов, мультимодальных сервисов в грузовом и пассажирском движении.

Таблица 4

**Оценка сравнительной эффективности для ОАО «РЖД»
вариантов пропуска грузопотоков**

Наименование показателей	Вариант 1		Вариант 2		Вариант 3		Вариант 4		Вариант 5	
	2020	2025	2020	2025	2020	2025	2020	2025	2020	2025
Прирост эксплуатационной тонно-километровой работы к уровню 2016 года, млн ткм	833	41768	6155	53249	4759	53229	4591	49385	6305	63189
Прирост текущих годовых затрат, по обеспечению перевозочной деятельности, млрд руб. в ценах 2017 г.	0,6	12,4	1,1	12,4	1,8	13,3	1,6	12,5	2,1	17,8
Инвестиции, млрд руб. (в прогнозных ценах без учета НДС), в том числе:	312,7		249,1		191,3		203,8		220,2	
<i>Развитие железнодорожной инфраструктуры</i>	265,2		197,6		151,9		173,6		148,3	
<i>Приобретение тягового подвижного состава</i>	47,5		51,5		39,4		30,2		71,8	
Суммарные накопленные затраты ОАО «РЖД» (с учетом дисконтирования по ставке 12,2%), млрд руб. в ценах 2017 года	303,2		265,6		235,3		231,8		279,3	

Библиографический список

1. Бородин А.Ф. Проблемы разработки Генеральной схемы развития сети железных дорог ОАО «РЖД» // Железнодорожный транспорт. – 2017. – № 8. – С. 34-42.
2. Бородин А.Ф. Комплексные решения проблем развития и использования инфраструктуры и перевозочных ресурсов // Мир транспорта. – 2017. – № 1. – С. 6-17.
3. Бородин А.Ф. Проблемы комплексного развития железнодорожной инфраструктуры в припортовых транспортных узлах // Транспорт Российской Федерации. – 2017. – № 4. – С. 45-50.

РАЗВИТИЕ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ПОДХОДОВ К ПОРТАМ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО РЕГИОНА ДО 2025-2030 ГОДОВ

Милюшкан Ю.А., Рочев Н.А., Федорова Ю.В.

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I»
(Санкт-Петербург)*

Северо-Западный регион РФ является крупнейшим в стране по мощностям портовых комплексов. Благодаря своему выгодному географическому положению морские порты Северо-Запада играют связующую роль между странами Евросоюза, субъектами РФ и странами Азиатско-Тихоокеанского региона, что позволяет формировать экономически эффективные международные маршруты.

В Северо-Западную группу входят 26 морских портов, наиболее крупными по грузообороту из которых являются: Усть-Луга, Большой порт Санкт-Петербург, Приморск, Мурманск, Высоцк, Калининград, Варандей, Архангельск, Выборг.

В настоящее время состояние железнодорожной инфраструктуры на железнодорожных направлениях от центральной части России до портов Северо-Западного региона не отвечает потребности роста рынка грузовых перевозок.

Согласно «Транспортной стратегии России на период до 2030 года» и «Стратегии развития железнодорожного транспорта в Российской Федерации до 2030 года» усиление инфраструктуры на подходах к портам Северо-Западного региона включены в три Инвестиционных проекта:

- Инвестиционный проект «Развитие и обновление железнодорожной инфраструктуры на подходах к портам Северо-Западного бассейна» (далее – ИП «Развитие Северо-Западного региона»);
- Инвестиционный проект «БЕЛКОМУР – железнодорожная магистраль Архангельск – Сыктывкар – Пермь (Соликамск)» (Далее – ИП «БЕЛКОМУР»);
- «Создание железнодорожного Северного широтного хода «Обская – Салехард – Надым – Пангоды – Новый Уренгой – Коротчаево» (далее – ИП «СШХ»).

Полигоны развития железнодорожных участков в рассматриваемых проектах имеют общее параллельное направление (см. рис. 1).

Цель ИП «Развитие Северо-Западного региона» – увеличение пропускной и провозной способностей железнодорожной инфраструктуры на подходах к морским портам Северо-Западного бассейна для обеспечения возможности провоза в расчётном 2023 году дополнительного объема 20,9 млн тонн грузов к уровню 2015 года.

Планируется, что реализация Проекта будет осуществляться в соответствии со следующим графиком:

- 2015-2023 гг. – строительство и модернизация объектов железнодорожной инфраструктуры, а также их поэтапный ввод в эксплуатацию;
- 2021-2045 гг. – эксплуатация всех новых и модернизированных объектов железнодорожной инфраструктуры.

Общая потребность в финансировании Проекта составляет 254,1 млрд руб.

Цель ИП «БЕЛКОМУР» – создание эффективного железнодорожного маршрута, соединяющего по кратчайшему пути регионы промышленно развитого Урала, Сибири, Дальнего Востока и сопредельных стран Азии с Северо-Западными и Северными тер-

риториями Российской Федерации, включая Арктическую Зону, с выходом на Северные и Балтийские порты (в т.ч. Мурманск, Архангельск).



Рис. 1. Полигоны развития железнодорожных участков на подходах к портам Северо-Западного региона, рассмотренные в различных инвестиционных проектах

Инвестиционный проект «Белкомур» предполагает строительство железной дороги общей протяженностью 1161 км (строительная длина), включая новое строительство на участках Сыктывкар (Язель) – Пермь (Соликамск) и Карпогоры – Вендинга протяженностью 712 км и реконструкцию участков Архангельск (Жаровиха) – Карпогоры и Вендинга – Микунь протяженностью 449 км.

Общая стоимость инвестиций на строительство и реконструкцию по Проекту составит 251,5 млрд руб., включая НДС.

Цель ИП «СШХ» – создание железнодорожного широтного направления, соединяющего Северную и Свердловскую железные дороги, как элемента единой Арктической транспортной системы и инфраструктуры, обеспечивающей освоение природно-ресурсного потенциала российской арктической зоны и шельфа арктических морей. Строительство Северного широтного хода обеспечит вывоз грузов с месторождений северных районов Западной Сибири (прогнозируемый объем перевозок составит 23,9 млн тонн, преимущественно газовый конденсат и нефтеналивные грузы) и сократит протяженность транспортных маршрутов до портов Северо-Западного и Уральского федеральных округов.

Для реализации ИП «СШХ» необходимо выполнить следующие мероприятия:

- реконструкция подходов к СШХ со стороны Свердловской железной дороги (участок Пангоды – Новый Уренгой – Коротчаево);

- реконструкция железнодорожного участка ПАО «Газпром» Надым (Хорей) – Пангоды;
- окончание строительства железнодорожной части мостового перехода через реку Надым;
- строительство железнодорожного участка Салехард – Надым;
- строительство мостового перехода через реку Обь с подходами;
- реконструкция участка Северной железной дороги Коноша – Котлас – Чум – Лабытнанги.

По предварительным оценкам потребный объем инвестиций для реализации необходимых мероприятий по созданию железнодорожной магистрали оценивается в размере 235,9 млрд рублей (в прогнозных ценах).

При подробном анализе рассматриваемых Инвестиционных проектов в рамках методологического сопровождения были выявлены принципиальные замечания к их содержанию:

1. Отсутствует комплексная увязка проектных решений развития железнодорожной инфраструктуры Северо-Западного региона с учетом реализации рассматриваемых Инвестиционных проектов в целом, за исключением того, что строительство Северного широтного хода позволит загрузить Северное звено железнодорожной магистрали «БЕЛКОМУР» нефтеналивными грузами и газовым конденсатом, и позволит переключить перспективные поездопотоки в ИП «Развитие Северо-Западного региона» на направление Обская – Чум – Коноша Северной железной дороги с дальнейшим выходом на порты Усть-Луга (через направление Коноша – Вологда – Волховстрой) и Мурманск (через направление Коноша – Обозерская – Мурманск).

2. В Инвестиционных проектах разнятся данные о перспективных объемах грузовых перевозок.

Прогнозный объем перевалки грузов в ИП «БЕЛКОМУР» через порт Мурманска к 2030 году за счет возрастания потока контейнерных перевозок должен составить 63,0 – 75,0 млн тонн в год, а после строительства нового глубоководного района в порту Архангельска прогнозируемый грузопоток должен увеличиться к 2020-2030 гг. до 30,0 млн тонн в год и выше.

Объемы прогнозируемого грузопотока по ИП «Развитие Северо-Западного региона» и ИП «СШХ» в целом совпадают, 24,4 млн тонн и 29,3 млн тонн соответственно в порт Мурманска, и 3,0 млн тонн и 3,3 млн тонн в порт Архангельска.

3. В Инвестиционных проектах отсутствуют данные об альтернативных вариантах пропуска грузопотоков и развития железнодорожной инфраструктуры.

С учётом реализации ИП «БЕЛКОМУР» маршруты следования грузовых поездов в направлении Мурманска целесообразно организовывать с использованием железнодорожного участка Микунь – Коноша I – Обозерская – Беломорск. Это, в свою очередь, потребует обязательного усиления железнодорожной инфраструктуры на участке Коноша I – Обозерская – Беломорск. Ряд мероприятий по усилению инфраструктуры на указанном направлении предусмотрен ИП «Развитие Северо-Западного региона». Однако, следует отметить, что в указанном Инвестиционном проекте перспективное перераспределение поездопотоков и рост нагрузки на участок Коноша I – Обозерская – Беломорск ожидается за счёт реализации проекта «Северный широтный ход» (участок Обская – Салехард – Надым – Пангоды – Новый Уренгой – Коротчаево), а не проекта «БЕЛКОМУР».

Безусловно, реализация данных Инвестиционных проектов положительно скажется на социально-экономическом развитии территорий Арктики, Европейского Севера и Урала, на развитии северных морских портов, на разведке и разработке шельфо-

вых месторождений нефти и газа в Арктике, повысит транзитный потенциал и конкурентоспособность транспортной системы России в рамках международных транспортных коридоров.

Реализация проектов оптимизирует логистику в регионе, что приведет к снижению транспортных расходов за счет сокращения расстояний, провозной платы и сроков доставки грузов для действующих и потенциальных грузоотправителей на полигоне влияния проектов.

Для исключения неэффективных решений при реализации Инвестиционных проектов «Развитие и обновление железнодорожной инфраструктуры на подходах к портам Северо-Западного бассейна», «БЕЛКОМУР – железнодорожная магистраль Архангельск – Сыктывкар – Пермь (Соликамск)» и «Создание железнодорожного Северного широтного хода «Обская – Салехард – Надым – Пангоды – Новый Уренгой – Коротчаево» требуется комплексная увязка планируемых мероприятий, реализуемых в проектах, а также дополнительное обоснование перспективных объемов перевозок.

Для более точной и объективной оценки достаточности пропускной и провозной способности железнодорожных участков, выявления «узких» мест и итогового выбора мероприятий по альтернативным вариантам усиления железнодорожной инфраструктуры на подходах к портам Северо-Западного бассейна целесообразно, в первую очередь, выполнить работу «Организация движения поездов на подходах к портам Северо-Запада» с учетом объемов планируемых перевозок и мероприятий в комплексе по трем Инвестиционным проектам.

Библиографический список

1. Транспортная стратегия России на период до 2030 года [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/902132678>.
2. Стратегия развития железнодорожного транспорта в Российской Федерации до 2030 года [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.mintrans.ru/documents/7/1010>.

УДК 625.721:656.13.07

КОНЦЕПЦИЯ МУЛЬТИПОРТОВОЙ МУЛЬТИМОДАЛЬНОЙ ПОЛИЦЕНТРИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ЛЕНИНГРАДСКОГО РЕГИОНА

Котиков Ю.Г.

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет»
(Санкт-Петербург)*

Анализ географических, экономических особенностей и транспортной инфраструктуры Ленинградского региона (ЛР), узловая значимость его в широтном и меридиональном транспортных коридорах, приводят к необходимости формирования модели мультипортовой мультимодальной полицентрической сети (ММПС). Она должна стать основой модели транспортно-логистической системы (ТЛС) этого региона.

Используем терминологию транспортной географии [1, 2]. Концентраторами потоков в сети являются Шлюзы (*Gateways*) мультимодальных и Хабы (*Hubs*) унимодальных транспортных сетей (часто любой концентратор называют Хабом). Вершина – любая локализация, имеющая доступ к сети перевозок; Ребро –

материальная инфраструктура переноса; Коридор – последовательность вершин и ребер, поддерживающих модальные потоки грузов.

В мировых портах реализуется концепция «*Foreland – Hinterland*» («Форленд – Хинтерленд») (см. рис. 1) [1-4]. *Foreland* – морское пространство локаций контрагентов, с которыми порт поддерживает коммерческие отношения и производит товарообмен. *Hinterland* – наземное пространство локаций агентов, сотрудничающих с портом. Используется понятие *Inland* – внутренняя часть страны, территория, удаленная от моря или границы. *Inland-терминал*, Сухой порт (*Dry port*) – по сути синонимы.

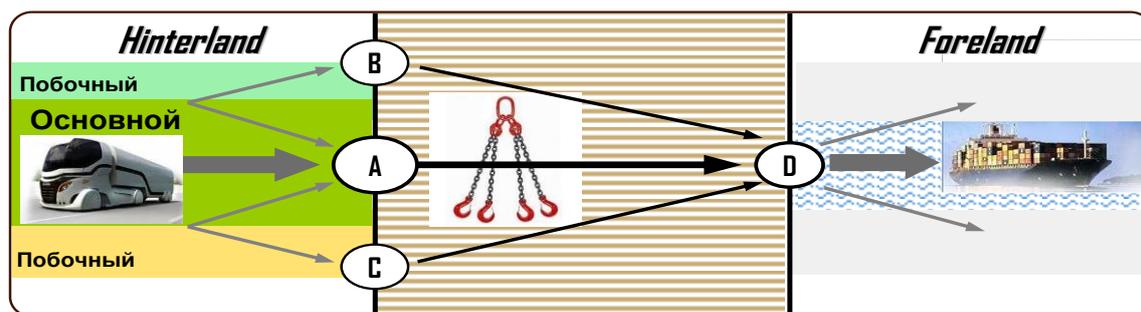


Рис. 1. Отображение концепции «*Foreland – Hinterland*»

Сухой порт выполняет функции перевалочного пункта, разгружая терминалы морского порта (МП). *Hinterland* может иметь автомобильный, железнодорожный, речной, воздушный и трубопроводный фронты действий. *Hinterland*, содержащий лишь собственные *Inland*-терминалы порта, является основным. Порт может иметь побочный *Hinterland* – в случае взаимодействия с *Inland*-терминалами другого порта. Согласно функциям сухих портов и их расстояниям от морского порта выделяют три их основных категории: ближний (до 100-150 км), среднеотдаленный (до 400-500 км), а также дальний (более 500 км) сухие порты [3, 4].

В континентальных зонах деловой активности: Европейской, Северо-Американской и Юго-Восточно-Азиатской – наблюдается интенсивное взаимопроникновение зон *Hinterland* множества портов, приводя к мультипортности экономических зон и полицентричности ТЛС [5]. По сути дела, возникли гигантские континентальные экономические кластеры.

Кластер обладает свойствами кооперации и одновременно взаимной конкуренции его участников, формирования уникальных компетенций региона и за счет этого – дает синергетический эффект, повышает конкурентоспособность экономики территории в целом. *Транспортно-логистический кластер* (ТЛК) определяется как группа географически локализованных взаимосвязанных компаний, специализирующихся на хранении, сопровождении и доставке грузов и пассажиров, а также организаций, обслуживающих объекты инфраструктуры и других организаций, взаимодополняющих и усиливающих сильные стороны друг друга и реализующих конкурентные преимущества данной территории.

Расположенные в ЛР морские порты Балтийского бассейна, наличие развитой сети наземных магистралей, связывающих РФ и страны ЕС, международные транспортные коридоры – обеспечивают этому региону лидирующие позиции в транзите российских и международных грузов. Однако дальнейшее развитие транспортной инфраструктуры и повышение конкурентоспособности ЛР, должно быть связано с формиро-

ванием современного ТЛК с центральной ролью в нем ожерелья портов Финского залива и общего хинтерленда на территории ЛР.

Географическая основа экономического кластера требует для его моделирования, проектирования и управления использования геоинформационных технологий – создания и использования соответствующих ГИС-моделей. Столь масштабное моделирование возможно лишь средствами ГИС уровня ArcGIS [6]. Этот инструментарий нами и привлечен для создания геоинформационного базиса ММПС ТЛК ЛР.

Важным элементом ГИС-моделирования является картографическая подготовка. На базе картографических и растровых материалов облака Esri, ресурсов Open Street Map, Google, Yandex и других источников нами осуществлена подготовка картографических слоев ареала ЛР, со сведением их в ArcGIS к одной системе географических координат.

Цифрование объектов транспортно-логистической инфраструктуры (морских путей и портовых объектов, сетей автомобильных и железных дорог, множества терминально-складских, промышленных и других объектов) проводилось, расширяясь поступательно, начиная с ареала собственно Санкт-Петербурга, затем с охватом «малой» агломерации (в пределах трудовой миграции Санкт-Петербурга), за ней – «большая» агломерация (в пределах будущей окружной автомобильной дороги на основе А-120), и наконец – с охватом всей Ленинградской области [7, 8].

На каждом из названных этапов осуществлялось обеспечение внутримодальной и межмодальной связности сетей, навигация по ним (см. рис. 2).

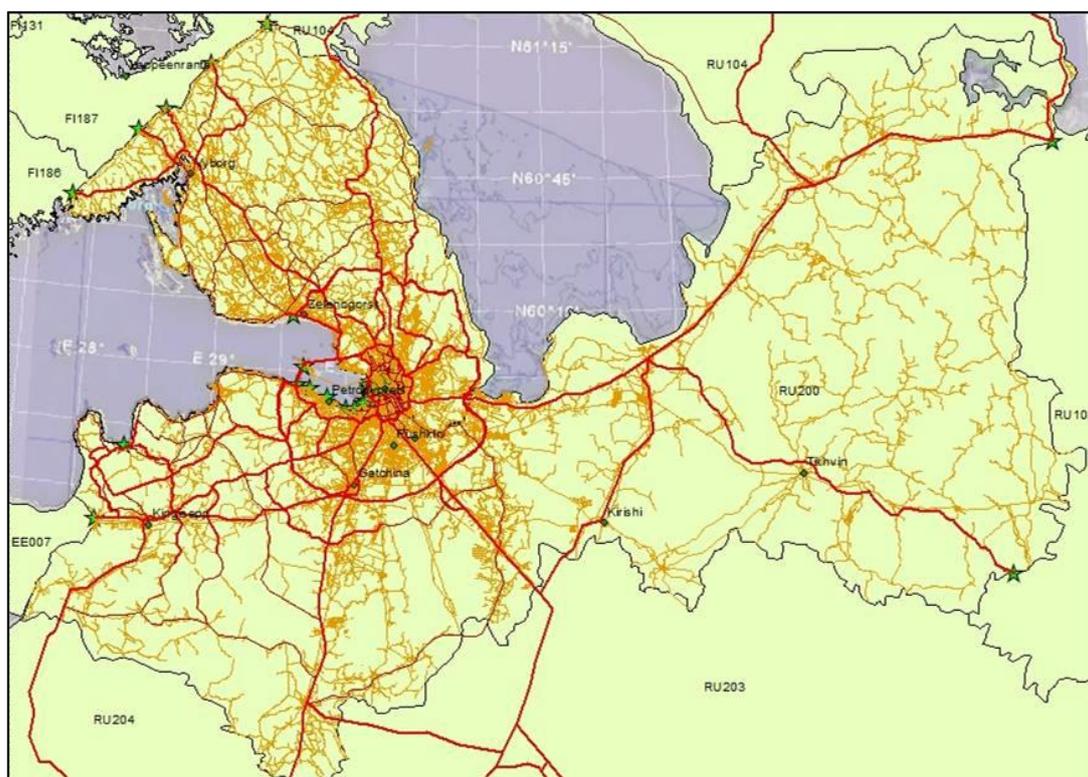


Рис. 2. Опорная сеть автомобильных дорог (грузовой каркас) ЛР

В среде ArcGIS нами решались отдельные транспортные задачи. Например, осуществлено имитационное моделирование трафика и выполнено технико-экономическое обоснование проекта модернизации транспортной развязки на Красногвардейской площади Санкт-Петербурга [9].

Другая задача – оценка эффективности перевозок из 7 грузовых районов Большого порта в 32 грузопоглощающих объекта города (матрица 7x32) с использованием маршрутов по кольцевой автодороге вместо маршрутов по городу [8]. При решении таких задач нарабатывались методические и алгоритмические схемы для переноса их в модели ММПС ЛР.

Оцифровав слои автомобильных и железных дорог, морских путей и терминально-складских объектов Ленинградской области, в ArcGIS Network Analyst собрали их в мультимодальный сетевой набор (см. рис. 3). При этом обеспечена связность не только модальных сетей, но и возможность перевалки грузов между модальными сетями в мультимодальных перевозках.

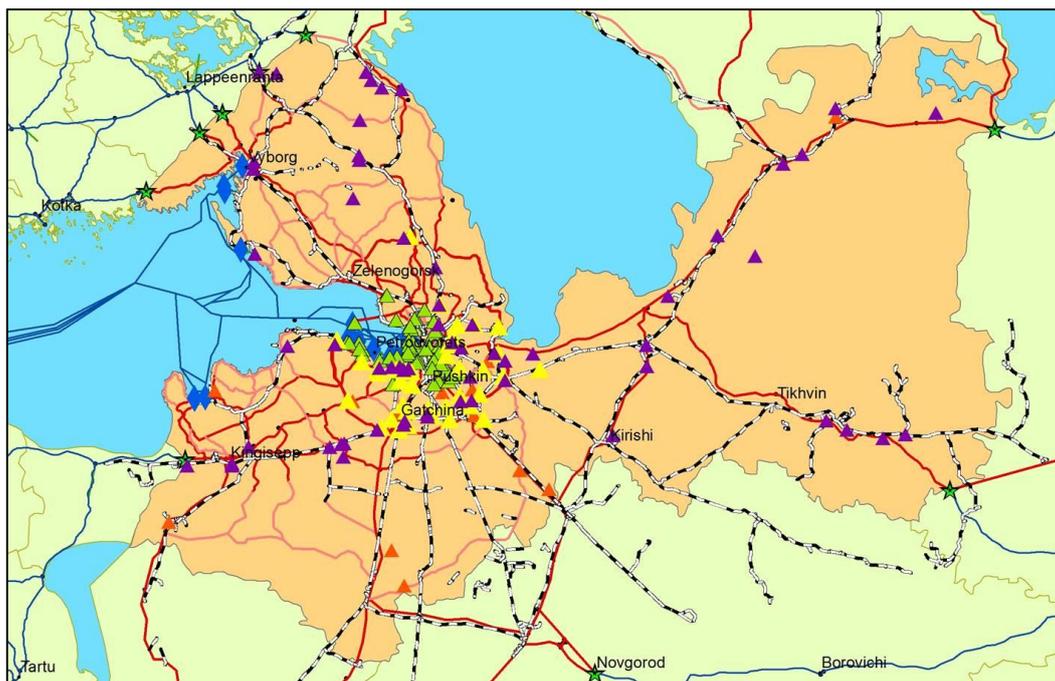


Рис. 3. Мультимодальная сеть автомобильных и железных дорог, морских путей и терминально-складских объектов Ленинградской области

Для моделирования международных перевозок в среде ArcGIS осуществлена интеграция с моделью мультимодальной транспортной сети ЕС по авторской методике [7]. На рис. 4, в качестве примера, отображена перевозка по маршруту Любек – Новгород, сначала морем до Усть-Луги, а затем автотранспортом.

Для моделирования внутрипортовой инфраструктуры сформирована типовая структура базы геоданных (БГД) ArcGIS – развитие её и наполнение элементами проводим на примере моделирования Усть-Лужского мультимодального комплекса (УЛ ММК) и УЛ Морского порта.

На рис. 5 представлена карта ArcGIS ArcMap действующих и строящихся терминалов УЛ МП, а также существующих автомобильных и железных. Оцифровка объектов фиксировалась в соответствующих классах БГД.

В качестве примера внутрипортовой детализации сетей автомобильных и железных дорог, на рис. 6 отображена перспективная транспортно-логистическая инфраструктура УЛ ММК (без детализации многопутья железнодорожных станций), выстроенная в среде ArcGIS. Перспективные сети, промышленные парки и аэропорты построены по доступным проектным данным развития УЛ ММК до 2025-2030 гг. На этом

рисунке показан маршрут перемещения груза – сначала морским контейнеровозом, затем перегрузка в контейнерном терминале МП и далее автотранспортом.

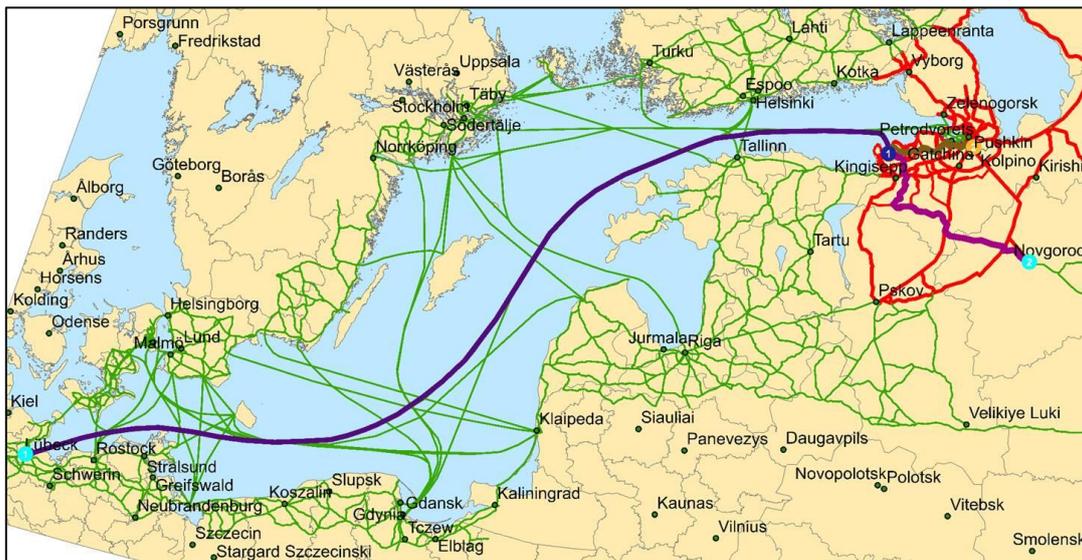


Рис. 4. Маршрут мультимодальной перевозки Любек – Новгород

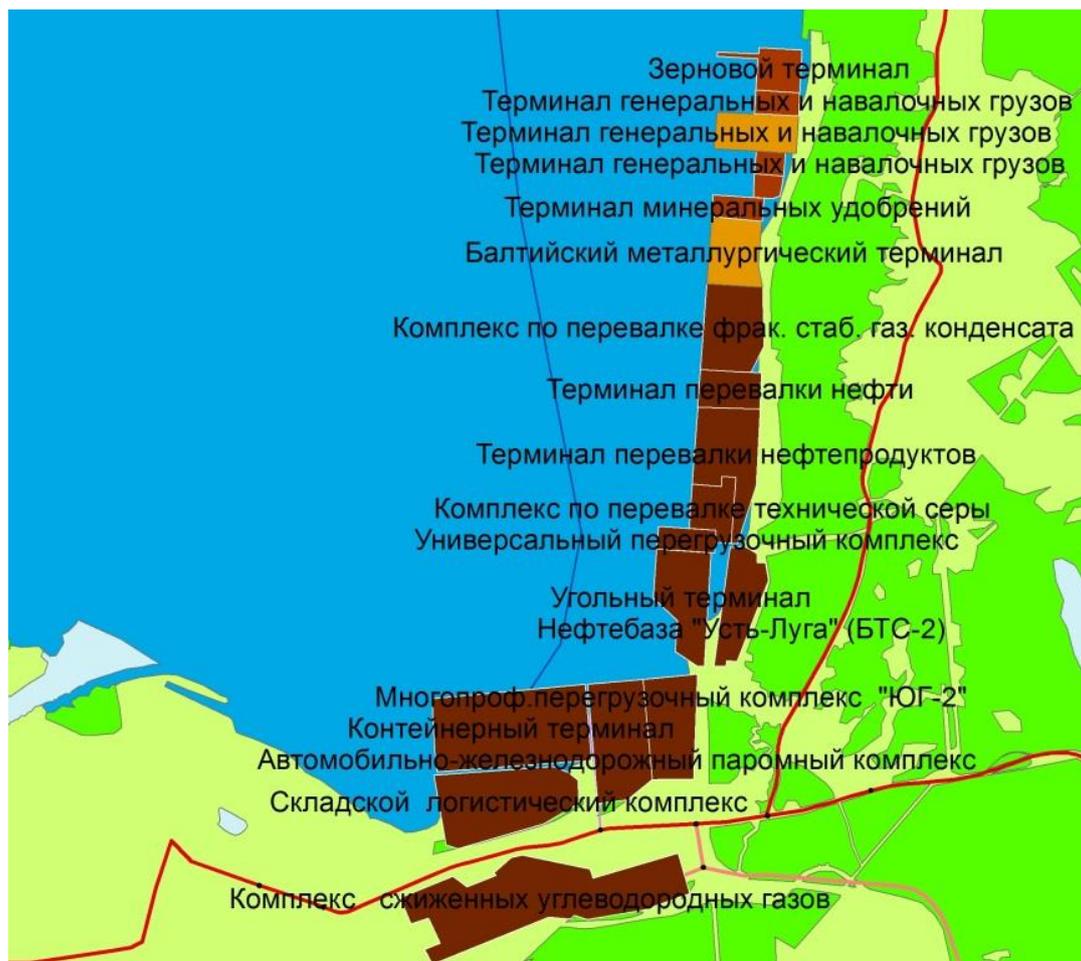


Рис. 5. Отображение слоев действующих терминалов, автомобильных и железных дорог УЛ МП в ArcMap



Рис. 6. Перспективная транспортно-логистическая инфраструктура УЛ ММК

В рамках дипломного проектирования студентами СПбГАСУ на базе ГИС-модели решен десяток актуальных задач. Например, Кудрявцев И.В. с привлечением трех известных методов решал задачу двухярусного размещения сети ближних и среднеотдаленных терминалов УЛ МП (в пределах ЛР – см. рис. 7). В технико-экономическом обосновании он использовал метод геопривязанных матриц корреспонденций (Источник – Назначение). Для десяти терминалов УЛ МП, приведенных на рис. 7, был использован подграф матрицы корреспонденций ММПС ЛР, отображенной на рис. 8.

Метод размещения «сухих портов» и логистических объектов в ожерелье морских портов области получил у нас развитие, с переходом от двухярусной к трёхярусной модели. Смысл подхода отражен на рис. 9.

Теперь от Хинтерленда обратимся к Форленду. На рис. 10 показаны фарватеры к портам ЛР. Узловая точка с координатами 27 град 01,4 мин Е, 59 град 58,7 мин N южнее острова Гогланд (звездочка) характерна тем, что, во-первых, только через нее осуществляется проход грузовых судов в порты ЛР (с незначительным исключением со стороны Финляндии), и, во-вторых, точка находится вблизи государственной границы России. Эти два факта способствуют упрощению моделирования логистики перевозок и ВЭД совокупности портов. То есть появляется возможность приведения к схеме Hub-and-Spoke [1].

Несмотря на то, что представленные проработки ГИС-модели мультипортовой мультимодальной транспортно-логистической сети ЛР находятся на концептуальном уровне, все же удалось, на наш взгляд, показать реальную перспективу этой модели. При этом эта модель может стать интегрирующей основой для подключения других специальных моделей и программ логистической направленности, в силу высокой интероперабельности [6] ГИС ArcGIS.

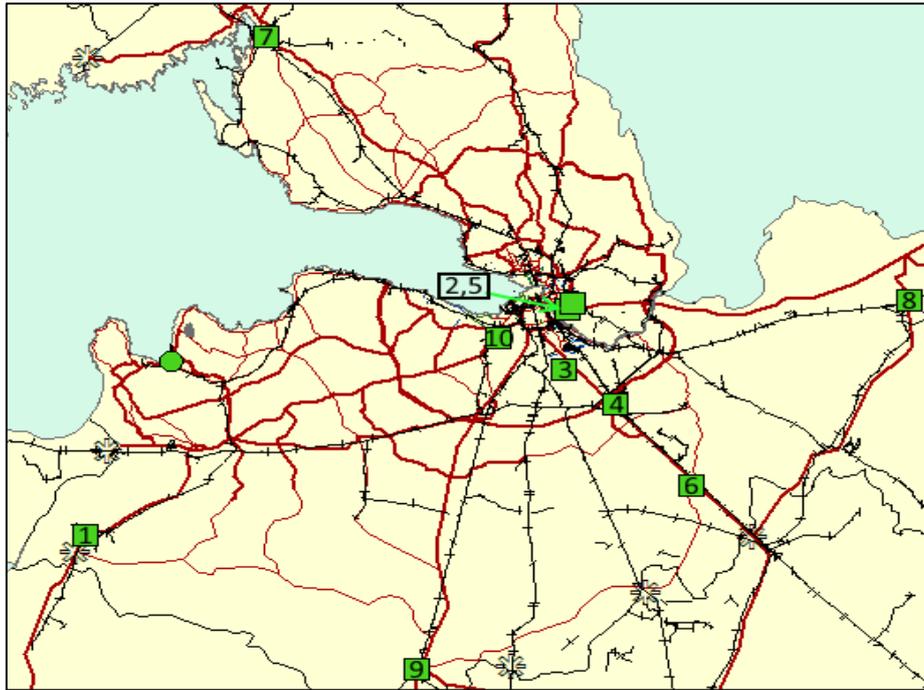


Рис. 7. Проект размещения сети терминалов УЛ МП:
 1 – индустриальная зона «Сланцы»; 2 – индустриальный парк «Уткина Завод»;
 3 – технопарк «Дони-Верево»; 4 – индустриальная зона «Тосно»; 5 – индустриальная зона «КОЛА»; 6 – промпарк «Рябово»; 7 – промышленная зона «Таммисуо»;
 8 – промышленная зона «Волхвострой I»; 9 – технопарк «Коленцево»;
 10 – индустриальный парк «Greenstate»

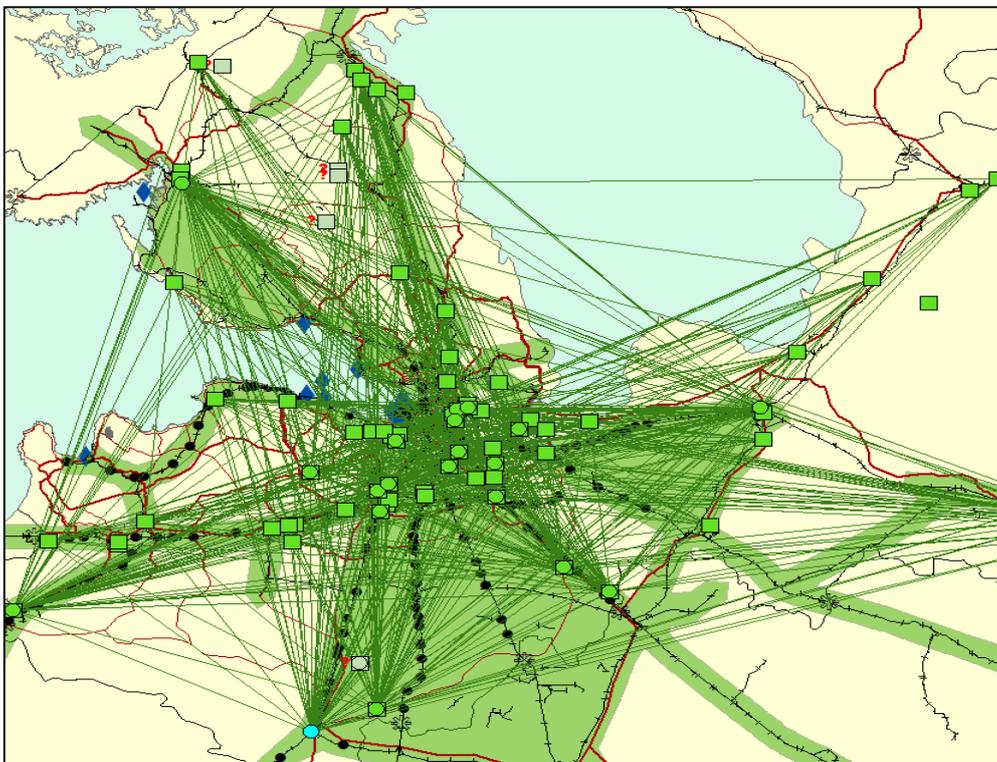


Рис. 8. Геопривязанная матрица корреспонденций ММПС ЛР

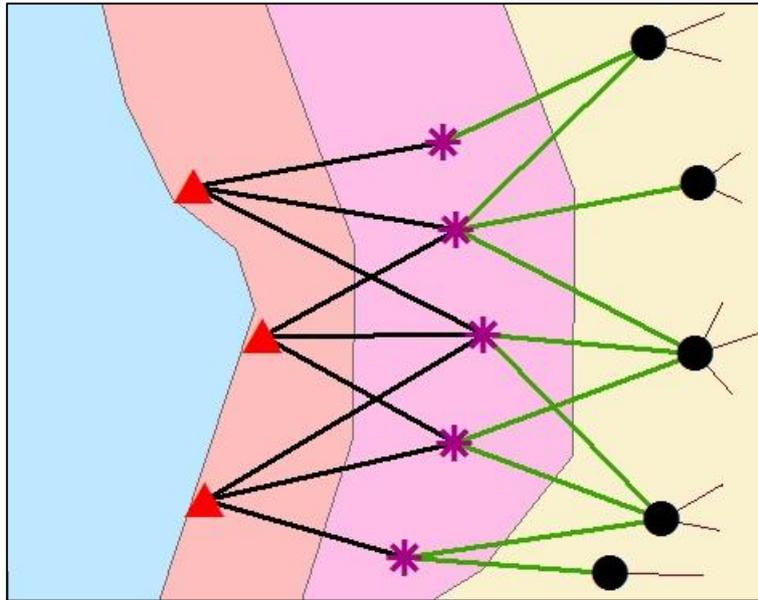


Рис. 9. Схема трёхярусной сети портов и логистических объектов Ленинградской области

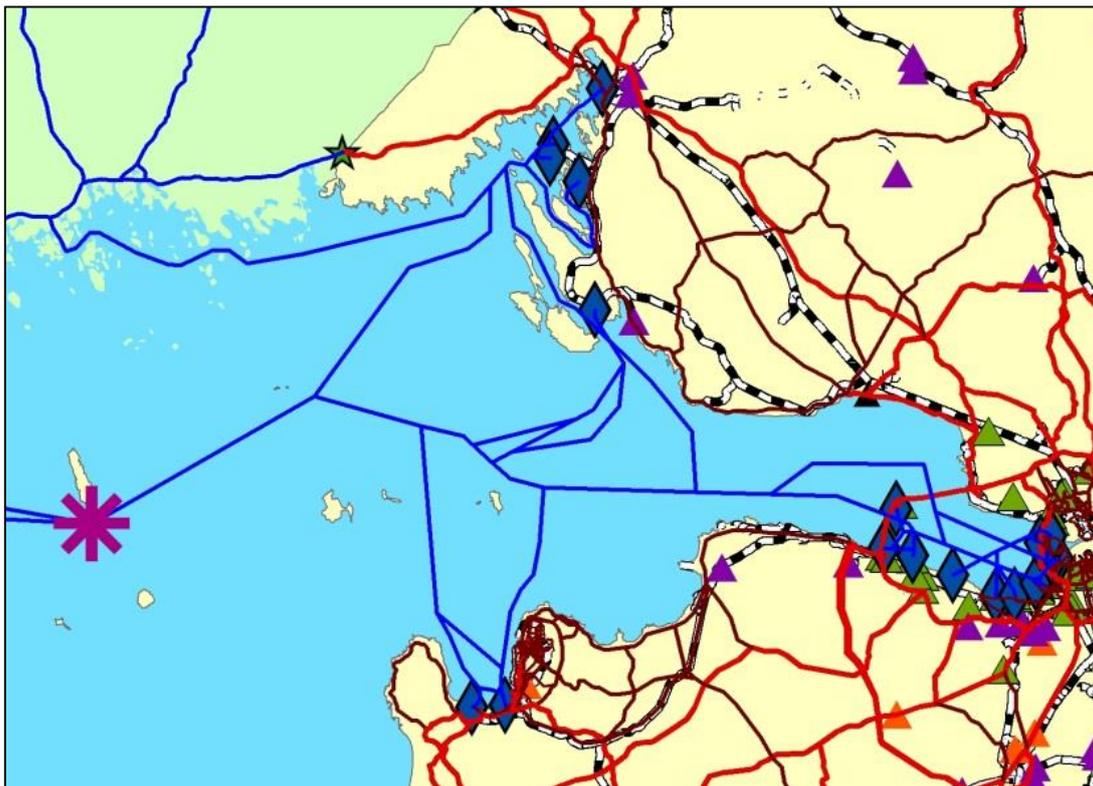


Рис. 10. Приведение совокупности морских путей портов ЛР к схеме Hub-and-Spoke

Библиографический список

1. Rodrigue J. P. The geography of transport systems. Hofstra University / J.P. Rodrigue // Department of Global Studies & Geography. 2013. URL: <http://people.hofstra.edu/geotrans>.

2. Notteboom T. The relationship between seaports and intermodal hinterland in light of global supply chain / T. Notteboom. 2008. URL: http://econpapers.repec.org/paper/oecitfaaa/2008_2f10-en.htm.
3. Roso V., Woxenius J., Lumsden K. The dry port concept: connecting container seaports with the hinterland Journal of Transport Geography Volume 17, Issue 5, September 2009, pp. 338-345. URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0966692308001245>.
4. Roso V. Dry port logistics 2015. URL: <http://www.slideshare.net/MehmetInanir/dry-port-logistics-2015>.
5. Галин А.В. Сухие порты как часть транспортной инфраструктуры. Направления развития // Вестник ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова. – 2014. – Вып. 2. – С. 87-97. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://cyberleninka.ru/article/n/suhie-porty-kak-chast-transportnoy-infrastruktury-napr-avleniya-razvitiya>.
6. ArcGIS for Desktop. URL: <http://www.esri.com/software/arcgis/arcgis-for-desktop>.
7. Kotikov Ju. Geographic information system modelling of freight transport and logistics in Saint Petersburg, Russia. Civil Engineering, Vol. 168, Issue 5, pp. 31-38.
8. Kotikov Ju., Kravchenko P. Optimizing transport-logistic cluster freight flows of a port megacity on the basis of GIS. Applied Mechanics and Materials (Innovative Technologies in Development of Construction Industry), Vols. 725-726 (2015), pp. 1206-1211.
9. Kotikov, Ju and V. Lukinskij, World Applied Sciences Journal, 23 (Problems of Architecture and Construction), 2013, pp. 165-171.

УДК 656.2

РАЗВИТИЕ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ НА ПОДХОДАХ К ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНО-ПАРОМНОМУ КОМПЛЕКСУ В Г. БАЛТИЙСК С УЧЕТОМ СТРОИТЕЛЬСТВА НОВЫХ ПАРОМОВ

Ворохов О.М.

Калининградская железная дорога – филиал ОАО «РЖД» (Калининград)

Как известно, свое функционирование железнодорожно-паромная линия Усть-Луга – Балтийск начала в 2007 году. В течение этих 10 лет объемы перевозок железнодорожными паромными паромными планово-мерно возрастали, увеличившись почти в 5 раз по отношению к первоначальным (см. рис. 1). Количество паромов, обслуживающих линию, было увеличено до трёх единиц.

Со стороны Калининградской железной дороги прием, передача «паромных» вагонов осуществляется через железнодорожную станцию Балтийск, к которой соединительным путем №65 примыкает железнодорожно-паромный комплекс ФГУП «Росморпорт», где осуществляется обработка паромных судов.

Путь проходит вблизи от 22 жилых многоквартирных домов на расстоянии менее 50 метров.

Станция Балтийск является участковой припортовой станцией 2-го класса. Ее расчетная общая пропускная способность составляет 720 вагонов в сутки, при общей вместимости станционных путей до 340 вагонов.

Общая вместимость путей железнодорожного паромного комплекса (ЖДПК) составляет 220 вагонов. В соответствии с проектной документацией годовая пропускная способность ЖДПК составляет 338 вагонов в сутки. Оба объекта расположены в стесненных городских условиях, что предопределяет невозможность их будущего развития в инфраструктурном плане. Схематическое расположение перечисленных объектов представлено на рис. 2.

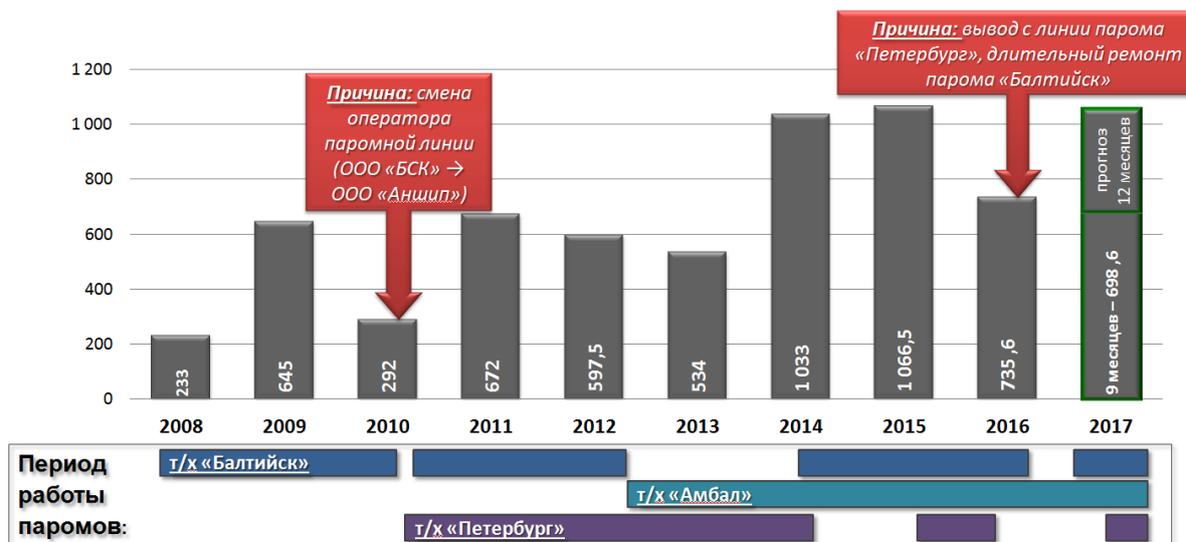


Рис. 1. Объемы перевозок железнодорожно-паромной линией Усть-Луга – Балтийск, тыс. тонн

Необходимо также отметить, что перерабатывающая способность станции рассчитывалась исходя из условий работы с вагонами с местным грузом, не учитывая специфику выполнения операций с вагонами, следующими паромным сообщением. Также при расчетах были исключены маневровые работы по формированию плетей на путях ЖДПК.

Однако, несмотря на интенсивный рост объемов перевозок с участием железнодорожно-паромной переправы, существующее до настоящего времени развитие инфраструктуры позволяло обеспечить беспрепятственную обработку текущего грузопотока.

В настоящее время, в рамках обеспечения транспортной независимости Калининградской области от внешних факторов Распоряжением Правительства Российской Федерации от 13.06.2017 №1227-р предусмотрено строительство до трех новых паромов для железнодорожно-паромной линии Усть-Луга – Балтийск. Проект реализуется за счет средств федерального бюджета и заемных средств. При выделении Правительством РФ софинансирования в размере 5,1 млрд руб. на строительство, они встанут на линию в конце 2020 года. Проект предусматривает строительство трех паромов вместимостью 60 вагонов каждый.

С учетом предполагаемых объемов перевозок на 2021 год, специалистами региональных дирекций в границах Калининградской железной дороги была смоделирована ситуация развития железнодорожно-паромного сообщения при курсировании пяти паромов, из них:

- два парома типа Rider: средняя вместимость – 100 вагонов, (время хода по морскому участку пути – 36 ч, время выполнения операций по выкатке вагонов – 6 ч, по накатке – 6 ч, кругорейс – 96 ч.);
- три парома, запланированных к постройке: средняя вместимость – 60 вагонов, (время хода по морскому участку пути – 36 ч, время выполнения операций по выкатке вагонов – 4 ч, по накатке – 4 ч, кругорейс – 80 ч), которая при максимальной загрузки этих судов обеспечит годовую перевозку до 74 тыс. вагонов в обе стороны.

Совокупная расчетная провозная способность железнодорожно-паромной линии представлена в табл. 1.

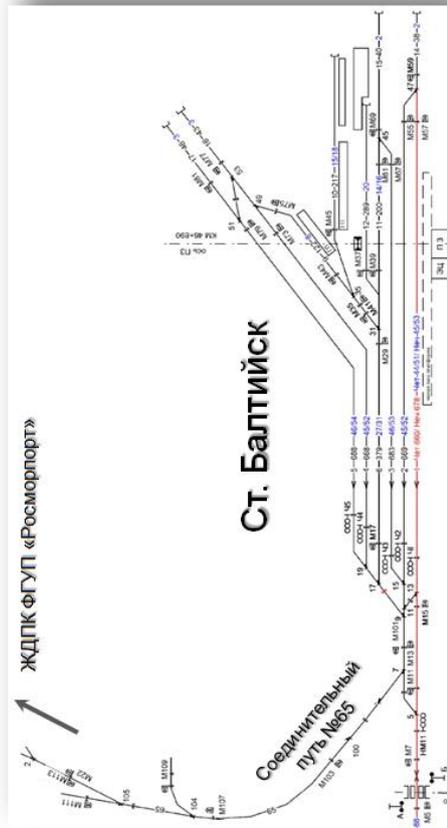
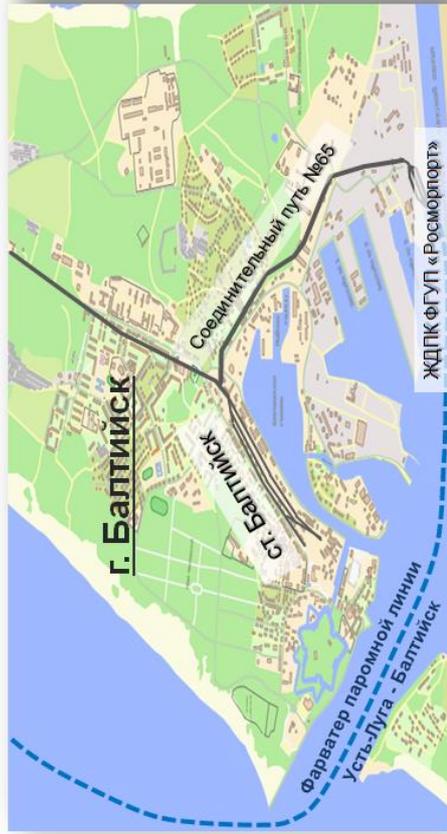


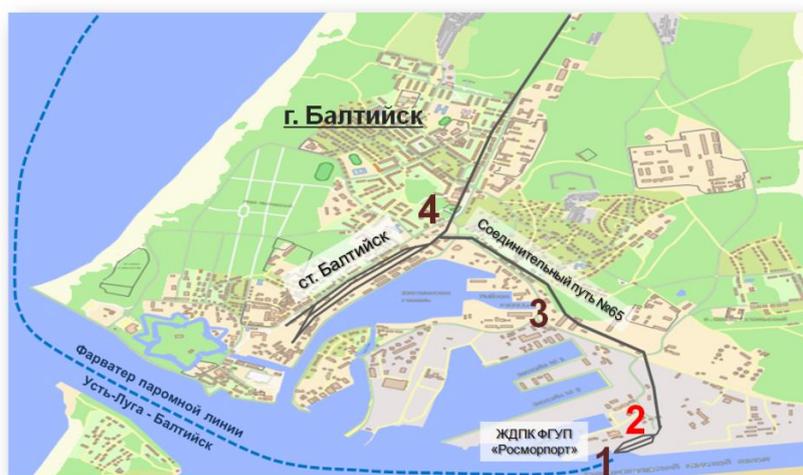
Рис. 2. Станция Балтийск и железнодорожно-паромный комплекс ФГУП «Росморпорт»

**Объемы перевозок паромной переправой при условии
задействования 5 паромов и их максимальной загрузке**

Паром	Количество кругорейсов		Вместимость паромов, усл.ваг.	Количество перевозимых вагонов		Вагонов за месяц		Вагонов за год	
	за месяц	за год		за месяц	за год	из Балтийска	в Балтийск	из Балтийска	в Балтийск
т/х "Балтийск"	7,3	87,6	100	1460	17520	730	730	8760	8760
т/х "Амбал"	7,3	87,6	100	1460	17520	730	730	8760	8760
т/х "№3"	9	108	60	1080	12960	540	540	6480	6480
т/х "№4"	9	108	60	1080	12960	540	540	6480	6480
т/х "№5"	9	108	60	1080	12960	540	540	6480	6480
Итого	41,6	499,2		6160	73920	3080	3080	36960	36960

В текущем инфраструктурном развитии железнодорожного комплекса и подходов к нему можно выделить следующие узкие места, способствующие возникновению рисков неосвоения потенциальных объемов перевозок (см. рис. 3):

- причальная стенка ЖДПК, где осуществляется швартовка паромов;
- ограниченное путевое развитие ЖДПК;
- пропускная способность соединительного пути железнодорожного пути № 65 между ЖДПК и станцией Балтийск;
- пропускная способность станции Балтийск и перегона Балтийск – Шиповка.



1. Причальная стенка ЖДПК, где осуществляется швартовка паромов;

2. ограниченное путевое развитие ЖДПК;

3. пропускная способность соединительного пути железнодорожного пути №65 между ЖДПК и станцией Балтийск;

4. пропускная способность станции Балтийск и перегона Балтийск – Шиповка.

Рис. 3. Риски и узкие места при развитии железнодорожно-паромного комплекса и подходов к нему

С учетом конструктивных особенностей проектируемых к строительству паромов (одна палуба для размещения вагонов), время их обработки составит 4-6 часов (т.е. с учетом времени перешвартовки 2 часа, возможна обработка всех трех паромов за сутки), что создаст необходимые резервы пропускной способности причальных стенок.

Пропускная способность соединительного пути №65 повышена в 2016 году за счет увеличения веса (с 3200 т до 4500 т) и длины (с 33 до 44 условных вагонов) пропускаемых маневровых составов, до 2 тыс. вагонов в сутки.

Пропускные способности станции Балтийск и перегона Балтийск – Шиповка также имеют определенный резерв.

Однако существующее путевое развитие железнодорожно-паромного комплекса (местимость 220 вагонов) в условиях увеличения объемов перевозок не позволит одновременно размещать вагоны на путях, осуществлять маневровые работы по их формированию в соответствии с карго-планом погрузки судна, а также обеспечить параллельность данных операций с работой по накатке и выкатке вагонов с парома. Проектная пропускная способность ЖДПК составляет 338 вагонов в сутки, в то время как минимально необходимая – на прогнозируемый объем перевозок – не менее чем на 25% больше. Резерва для путевого развития существующая территория ЖДПК, как уже говорилось выше, не имеет.

Имеющееся путевое развитие станции Балтийск также не позволит переключить на себя вышеуказанные операции и производить параллельное формирование поездов и плетей для накатки. Таким образом, задержки в маневровой работы по причине занятости путей на железнодорожно-паромном комплексе приведут к неосвоению возможных объемов.

Дополнительной сложностью в организации работы является невозможность обеспечить достаточную безопасность при движении по соединительному пути между станцией Балтийск и железнодорожно-паромным комплексом ФГУП «Росморпорт». Путь пересекает пять технологических проездов, необорудованных сигнализацией, и дважды пересекает дорогу общего пользования, по которой осуществляется передвижение внутригородского общественного транспорта. Расположение указанных пересечений представлено на рис. 4.

В связи с наличием технологических проездов скорость движения по соединительному пути составляет 15 км/ч, а по переездам – 5 км/ч. Также немаловажным отрицательным фактором является его расположение в черте города, так как уровень шума при осуществлении маневровой работы превышает нормативные показатели, что отрицательно сказывается на гражданах, живущих в близлежащих домах.

Учитывая, что реализация проекта по строительству 3-х новых паромов привязана к гарантированным дополнительным объемам грузов, все эти факторы создают определенные риски сдерживания роста объемов перевозок в данном направлении.

Учитывая вышеизложенное, выходом из сложившейся ситуации может стать реализация проекта по строительству станции Балтийск-2 в районе остановочного пункта Мечниково (см. рис. 5).

Данный проект предусматривает строительство до восьми приемоотправочных путей длиной 1460 м, укладку 24-х стрелочных переводов и укладку соединительного пути длиной 3,2 км с выходом в порт к бассейнам № 3, 4. Дополнительно потребуются укладка соединительного пути, стоимостью 160 млн руб. и ремонт путепровода через улицу Черноморская, стоимостью 300 млн руб. Общий объем финансовых средств, необходимых для реализации проекта составляет 1150 млн руб.

С учетом наличия по ходу проектируемого соединительного пути земель, принадлежащих Министерству обороны, земельные участки, необходимые к доотводу к существующей полосе отвода будут определены на стадии проектирования проекта.

Строительство станции Балтийск-2 позволит осуществлять прием и отправку грузовых поездов длиной до 100 условных вагонов и включать в состав поезда всю судовую партию с парома, значительно сокращая время простоя вагонов на станции,

Проектом реконструкции станции Балтийск предусматривается строительство 8-ми приемоотправочных путей длиной 1460 м, укладка 24 стрелочных переводов, соединительного пути длиной 3,2 км, ремонт путепровода

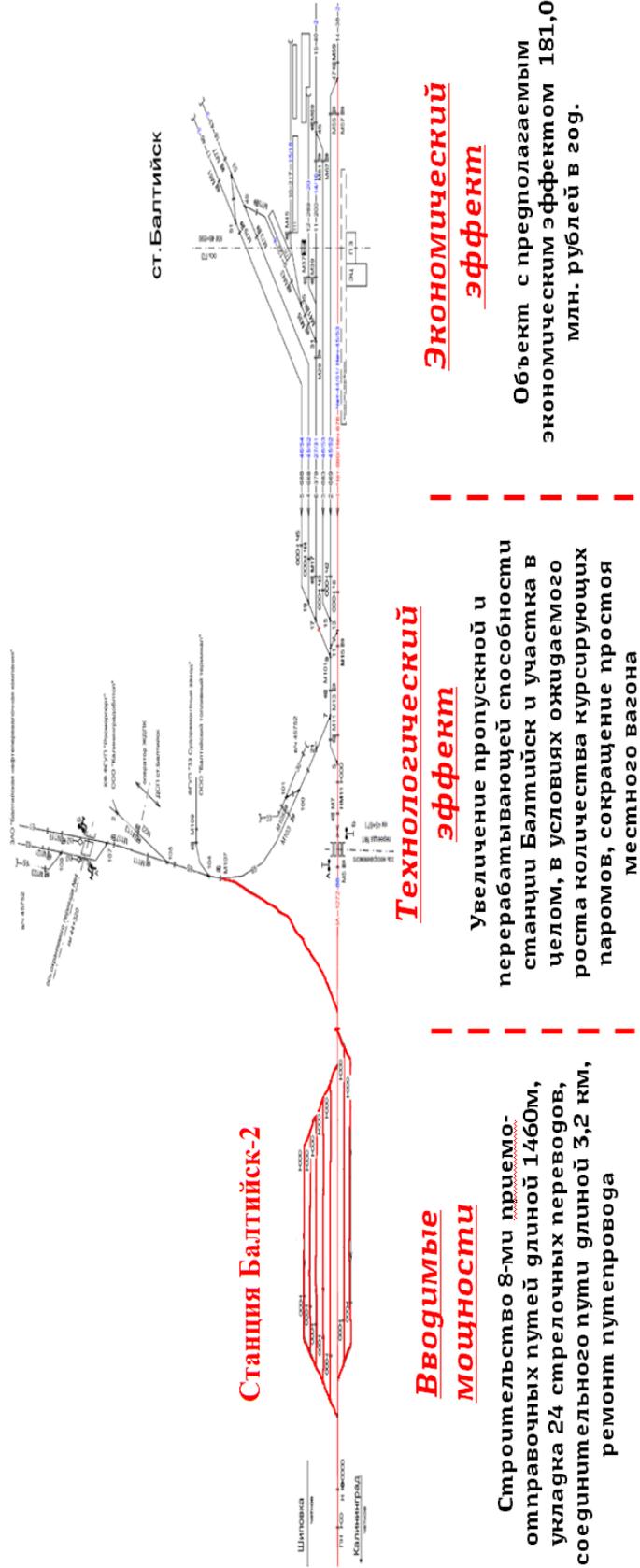


Рис. 5. Вариант развития станции Балтийск – строительство станции Балтийск-2

обеспечить беспрепятственную переработку предполагаемого объема грузов и осуществлять маневровые передвижения между ЖДПК и станцией Балтийск вне территории города.

Необходимо отметить, что для Калининградской железной дороги организация перевозок с участием железнодорожно-паромной линии Усть-Луга – Балтийск является актуальным вопросом. Маршрут железнодорожно-паромной переправы позволяет иметь Калининградской магистрали прямые выходы в Центральную Европу, исключая зависимость от транзитных железных дорог СНГ и Балтии. Поэтому дальнейшее развитие железнодорожно-паромного сообщения данного направления, связанное с запуском новых паромов на линии, должно производиться с учетом развития железнодорожной инфраструктуры на подходах к паромным комплексам как Октябрьской, так и Калининградской железных дорог. Основные маршруты железнодорожного сообщения Калининградской области представлены на рис. 6.

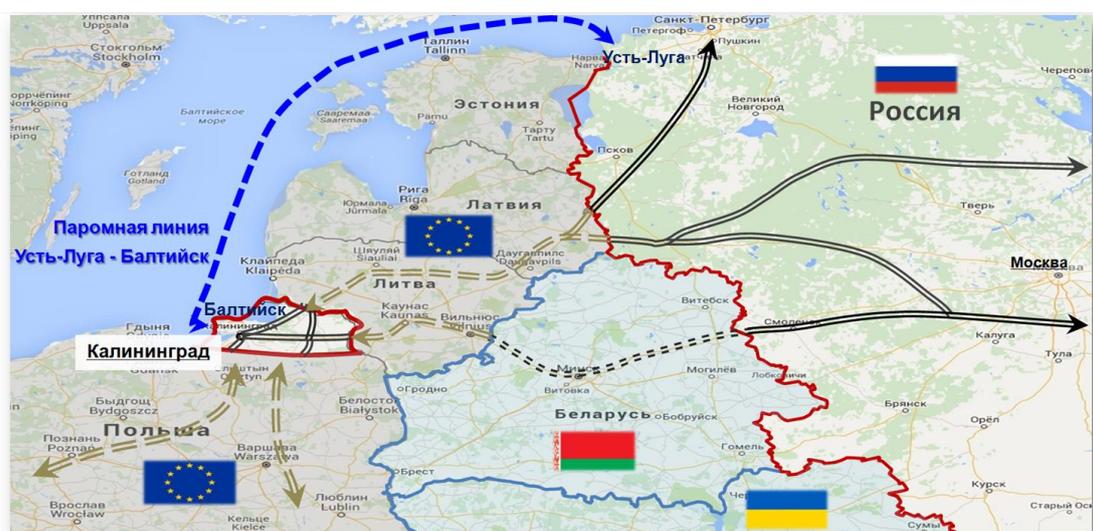


Рис. 6. Значение паромной переправы Усть-Луга – Балтийск в железнодорожной транспортной системе Калининградской области

УДК 656.078.11

УПРАВЛЕНИЕ ЦЕПЬЮ ПОСТАВОК ГРУЗОВ В ПОРТЫ АЗОВО-ЧЕРНОМОРСКОГО БАССЕЙНА НА ОСНОВЕ ЛОГИСТИЧЕСКИХ ПРИНЦИПОВ

Кучинский Д.Г., Волков А.В.

Северо-Кавказская железная дорога – филиал ОАО «РЖД» (Ростов-на-Дону)

Специфика работы Северо-Кавказской железной дороги, прежде всего, обусловлена организацией движения экспортных потоков в направлении портов Азово-Черноморского бассейна. В структуре общей выгрузки на дороге, доля вагонов, выгружаемых в наших портах, составляет более 70%. И динамика последних 10 лет показывает неуклонный рост перевозок экспортных грузов (см. рис. 1).

Так, выгрузка на припортовых станциях Северо-Кавказской дороги выросла более чем на 40% и превысила в 2016 году 85 миллионов тонн. В этом году положитель-

ная динамика также сохраняется, прирост к прошлому году составил 4,5%. По данным института экономики и развития транспорта, экспортный поток в направлении портов юга России будет только возрастать, увеличившись к 2025 году еще более чем на 50%.



Рис.1. Динамика выгрузки на припортовых станциях

В связи с этим, приоритетным является развитие инфраструктуры на подходах к портам. С 2004 года компания РЖД реализует проект «Развитие и обновление железнодорожной инфраструктуры на подходах к портам Азово-Черноморского бассейна» (см. рис. 2). Проект планируется завершить в 2019 году. Он позволит увеличить пропускную способность на направлении М.Горького – 9 км. на 80 пар поездов в сутки.



Рис. 2. Направления по увеличению переработки грузов в портах

Вместе с тем, для освоения возрастающего объема перевозок, на дороге используется менее затратный механизм, такой как изменение принципов управления грузопотоками. Так, еще в 2003 году в Ростове-на-Дону создан первый в стране логистический центр, который планировал продвижение экспортных грузов на всем полигоне дороги. Сегодня это полноценная структура с дежурно-диспетчерским аппаратом.

Безусловно, развитие логистического управления нашло свое отражение в сегодняшних цифрах работы портов. Наряду с ростом выгрузки, все основные порты обно-

вили свои исторические максимумы. Новороссийск достиг планки 1955 вагонов в сутки, Туапсе – 1032 вагонов, Вышестеблиевская – 837 вагонов, Грушевая – 630 вагонов (см. рис. 3).

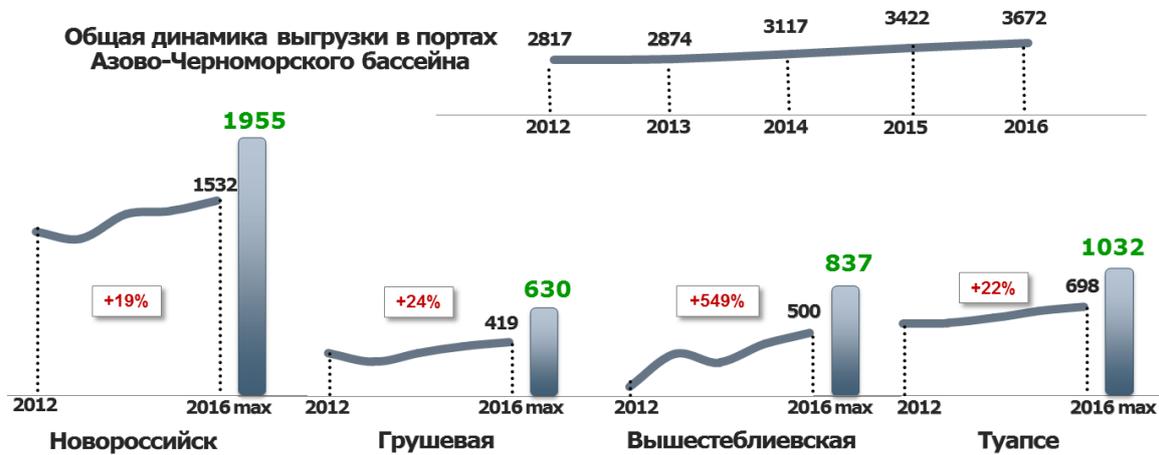


Рис. 3. Рост выгрузки в портах, ваг/сут.

Для обеспечения перевозки возрастающих объемов, мы совместно с Центральной дирекцией управления движением, приступили к внедрению новой концепции логистического управления на дороге.

Один из основных элементов этой концепции – это организация информационного взаимодействия между ОАО «РЖД» и операторами морских терминалов. За счет этого повышается качество планирования, минимизируются непроизводительные потери станции и порта, простои флота, простои перевалочной техники по причине нецелевого занятия инфраструктуры станции, «бросание» вагонов на путях общего пользования.

Сегодня мы говорим с портом на разных языках. Мы управляем продвижением в порт поездов, а порту требуется груз определенной номенклатуры, марки и ассортимента. Например, для нас «уголь» – это «уголь», а для порта «уголь» – это уголь ДПК (длиннопламенный фракция 50-100 мм), уголь ДПКО (длиннопламенный, фракция 25-50 мм), уголь ТПК (тощий, фракция 50-100 мм) и т.д. (см. рис. 4).

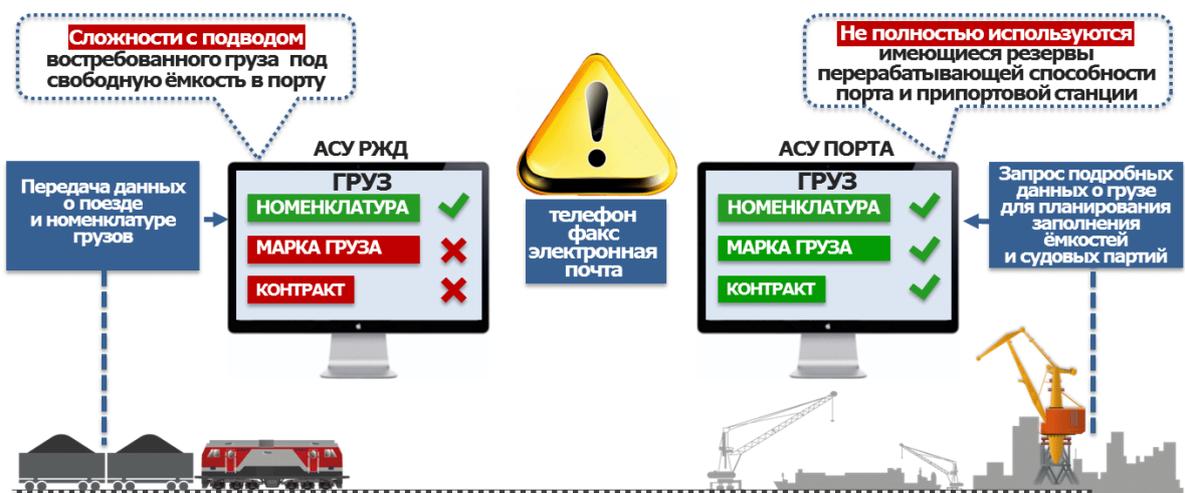


Рис. 4. Текущая ситуация по взаимодействию с портом

В результате, сложившаяся методика управления подводом грузов в порты не отвечает требованиям грузополучателей, порта в плане оптимизации форм и методов обслуживания. Необходим переход от сложившейся годами практики управления поездами следующих в адрес порта, к управлению грузопотоками с учетом марок грузов. Взаимодействие ОАО «РЖД» и порта способно улучшить диспетчеризацию вагонопотоков в адрес порта, исключить принятую методику регулирования продвижения грузов, введением конвекционных ограничений, логического контроля.

14 февраля 2017 г. в Компании РЖД пилотным проектом по организации информационного взаимодействия с морским портом выбран порт Новороссийск.

В марте, непосредственно в порту Новороссийск, был проведен ряд совещаний, создана рабочая из числа руководителей и специалистов ОАО «РЖД» и ПАО «НМТП».

Рабочей группой разработан детальный план реализации проекта, в котором пошагово расписана роль каждого участника с конкретными сроками исполнения.

В организации информационного взаимодействия определены основные направления:

- методика принятия решений логистическим центром основываясь на технологии демпфирования грузовых потоков, управление скоростью продвижения грузов в зависимости от возможности портом их принять, а следовательно нужный груз будет приходиться точно в срок;
- создание совместного информационного пространства и единой нормативно-справочной информации, что обеспечит актуальность и целостность сведений, которыми руководствуются все стороны-участники процесса перевозок;
- введение в системе ЭТРАН в железнодорожную накладную, новых полей для возможности указания грузоотправителем подробной марки груза при оформлении перевозочного документа;
- визуализация, мониторинг наличия свободных емкостей в порту и продвижения грузопотоков.

В рамках реализации проекта, рабочей группой разработаны следующие документы (см. рис. 5):

- Концепция развития информационного обмена между Новороссийским морским торговым портом и Северо-Кавказской железной дорогой;
- технический регламент информационного взаимодействия между автоматизированными системами управления ОАО «РЖД» и ПАО «НМТП».
- двухстороннее Соглашение об электронном обмене данными между ОАО «РЖД» и ПАО «НМТП»;
- алгоритм работы модуля автоматического составления плана подвода.

Также, совместно с НМТП, сформирован справочник ассортиментных позиций по перерабатываемым грузам, ТЦФТО установлен временный порядок заполнения поля «Подробное описание груза» в электронных накладных системы ЭТРАН в части указания информации о марке груза и идентификаторе внешнеторгового контракта. Помимо того, на основании соглашения об электронном обмене данными проводятся работы по реализации обмена данными между АСУ РЖД и АСУ порта (см. рис. 6).

Инновационным в данном проекте является модуль автоматического планирования, разработка которого ведется ЦИТТРАНС в рамках типовой Дорожной информационной логистической системы.

Принимая во внимание тот факт, что за последние десять лет номенклатура грузов, прибывающих в порты, увеличилась в разы, а внутри номенклатуры появилось деление на ассортимент, то на первое место выходит задача составления плана подвода с учетом ассортиментной позиции. С учетом объема данной задачи, решение ее в ручном режиме идет укрупнено, что влияет на качество подвода потребного ассортимента в порты. Создаваемый модуль призван решить эту задачу.



Рис. 5. Реализация проекта по организации информационного взаимодействия ОАО «РЖД» с ПАО «НМТП»



Рис. 6. Организация единого пространства данных ОАО «РЖД» и ПАО «НМТП»

Алгоритм выглядит следующим образом (см. рис. 7). На основании данных, полученных от порта, по потребности в грузе в разрезе ассортимента на планируемый период, с учетом наличия этих грузов на дороге автоматически формируется прогноз прибытия поездов с востребованным грузом на 2 суток вперед.

В результате работы программы автоматически формируется:

- план подвода поездов на припортовую станцию;
- задание станциям погрузки с указанием времени готовности поездов к отправлению;
- задание сортировочным станциям на переформирование потока;
- задание диспетчерскому аппарату на продвижение поездов (в привязке к конкретной нитке графика);
- задание припортовым станциям на выгрузку.

Сегодня ЦИТ ТРАНС завершает разработку этого модуля.

Внедряемая технология подразумевает формирование управляющих заданий логистическим центром в адрес диспетчерских центров на всем пути следования грузопотока: от станции погрузки до порта выгрузки. Эти задания управляют организацией погрузки, продвижения и замедления грузопотока.

В перспективе, для получения максимального эффекта от применения представленной технологии необходимо ее внедрение в границах полигона нескольких дорог, и что очень важно в едином информационном поле «Отправитель-РЖД-Порт». Тем самым компания получит эффективную систему управления грузопотоками на всех этапах его жизненного цикла. На дорогах погрузки через коммерческих диспетчеров ЦФТО, на припортовых дорогах через диспетчеров логистических центров ЦД, а на стадии продвижения грузов через Диспетчерские центры управления движением.

Коммерческие диспетчеры должны в тесном контакте с грузоотправителями, на принципах сквозного планирования организовывать управление графиками отгрузки в соответствии с ассортиментами, лотами и экспортными контрактами. Диспетчеры логистического центра, в свою очередь, в связке с портами должны планировать приоритетность подвода грузов в соответствии с наличием свободных емкостей и флота. И все эти планы автоматически должны передаваться на исполнение в диспетчерские центры управления перевозок. Очень важно, что вся организация этих процессов ляжет в плоскость единого информационного пространства «Отправитель – РЖД – Порт».

В заключении следует отметить, что создавая оцифрованные процессы управления перевозками, компания шаг за шагом движется к цифровой железной дороге. А синхронизируя их с процессами наших партнеров, ОАО «РЖД» выстраивает сквозные межотраслевые технологии, и, таким образом, реализует стратегию развития цифровой экономики в нашей стране.

УДК 656.222.6

ОЦЕНКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПО РАСПРЕДЕЛЕНИЮ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ПОЕЗДОПОТОКОВ НА ПОДХОДАХ К ПОРТАМ АЗОВО-ЧЕРНОМОРСКОГО БАССЕЙНА

Дмитриев Е.О., Николаев К.Ю., Петров А.С.

Акционерное общество «Институт экономики и развития транспорта» (Москва)

В рамках разработки технологии «Организации движения поездов на подходах к портам Азово-Черноморского бассейна», а также на основании Генеральной схемы развития сети железных дорог ОАО «РЖД» до 2020 и 2025 года [1, 2] принято решение по переключению основного маршрута следования грузовых поездов с направления Кочетовка – Лиски – Ростов – Тимашевская – Гречаная на направление Саратов – Волгоград – Тихорецкая – обход Краснодарского узла (участок Козырьки – Гречаная). Данное решение продиктовано тем, что кратчайшее направление Центр – Юг испытывает дефицит пропускной способности из-за значительной насыщенности пассажирскими поездами, которые обладают высокими значениями коэффициента съема. Кроме того, большое влияние оказывает сезонность перевозок (см. рис. 1).

На кратчайшем направлении Кочетовка – Лиски – Лихая – Тимашевская необходимо извлечь всю выгоду из имеющегося резерва пропускной способности для движения максимально возможного числа грузовых поездов, в том числе и в летнее время. Одним из вариантов организационно-технологических решений этой задачи стал перевод части пассажирских поездов на параллельный график движения.

В то же время наибольшее число предусмотренных графиком и назначаемых разовых пассажирских поездов приходится на период «май-сентябрь», и поэтому использовать пропускную способность на направлении Миллерово – Лихая – Кизитеринка максимально в грузовом движении можно с октября до апреля. Для этого периода раз-

работывается вариантный график движения поездов и выполняется прокладка грузовых поездов «пунктирными» нитками по «летним» пассажирским поездам.

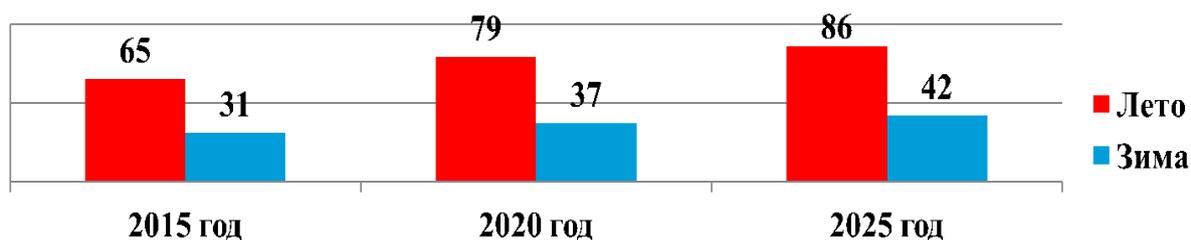


Рис. 1. Размеры движения пассажирских поездов в дальнем следовании на участке Лихая – Кизитеринка

В результате с окончанием периода максимальных пассажирских перевозок появляется возможность осваивать больший поездопоток в сторону портов Азово-Черноморского бассейна во избежание избыточных перепробегов в грузовом движении (см. табл. 1). Динамика участковой скорости грузовых поездов представлена на рис. 2.

Для разгрузки участка Лихая – Батайск и повышения маневренности следования поездопотоков в 2016 году принято решение о расконсервации участка Морозовская – Черкасская, а в марте текущего года по нему начали курсировать первые грузовые поезда.

Таблица 1

Размеры движения сквозных грузовых поездов на направлении Миллерово – Лихая – Кизитеринка

Участок	Расчетный срок	Увеличение размеров грузового движения к периоду максимальных пассажирских перевозок, пар поездов/сут	
		Четные	Нечетные
Лихая – Миллерово	2020 г.	13	16
	2025 г.	13	15
Кизитеринка – Лихая	2020 г.	6	7
	2025 г.	6	7

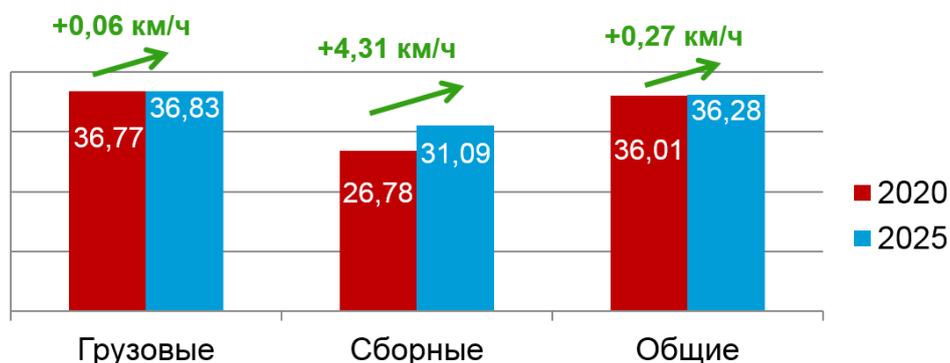


Рис. 2. Участковая скорость грузовых поездов по результатам построения проектных графиков движения поездов на участке Лихая – Батайск

Сравнивая стоимость пробега груженого и порожнего вагона по вариантам круглых путей (см. рис. 3), получаем следующую экономию по времени и расстоянию:

1. Лихая – Им. М. Горького – Тихорецкая - 886 км, 30 ч в пути;
2. Лихая – Морозовская – Куберле – Тихорецкая - 564 км (-322 км), 21 час в пути (-9 ч).

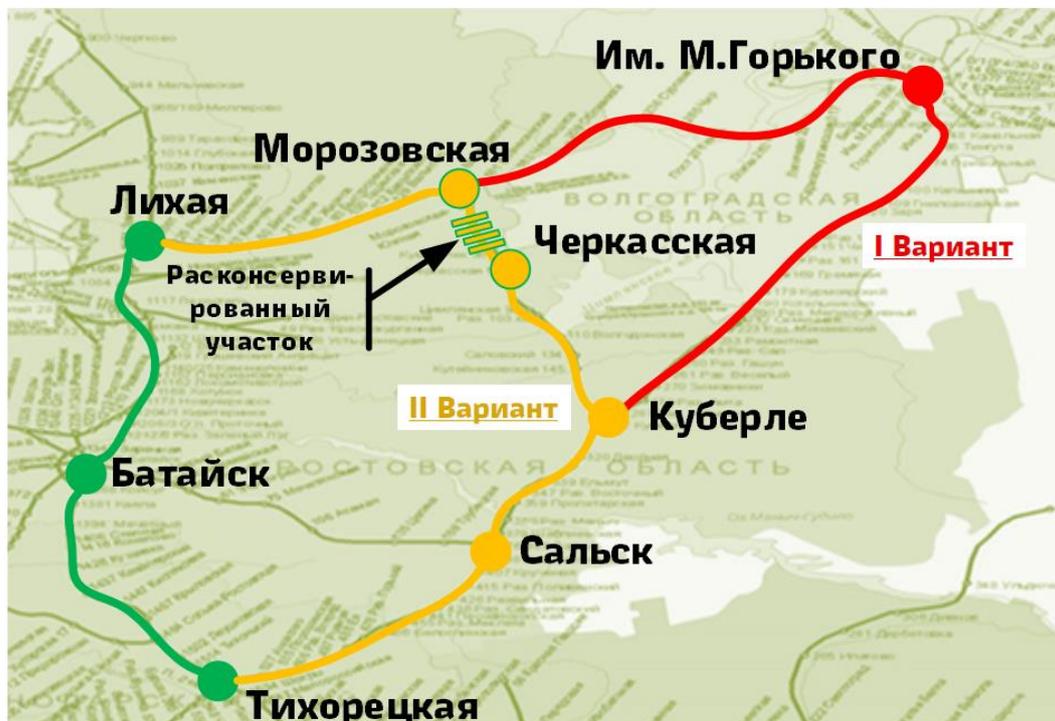


Рис. 3. Схема вариантов круглых путей

Используя данные автоматизированной системы организации вагонопотоков (АСОВ), выполнено сравнение зависящих эксплуатационных расходов, связанных с пробегами груженых и порожних (в обратном направлении) вагонов по круглым маршрутам (см. табл. 2). Экономия по варианту следования вагонопотоков через расконсервированный участок в годовом выражении равна 147,5 млн рублей.

Таблица 2

Сравнение расходов по расчетным вариантам пробега грузовых вагонов

Маршруты	Установленная длина грузовых поездов, условных вагонов	Зависящие эксплуатационные расходы, связанные с пробегами вагонов		
		груженых, руб./ваг	порожних, руб./ваг	Итого, руб./ваг
Лихая – Морозовская – Куберле – Тихорецкая	57	4552	3428	7980
	71	3047	2373	5420
Лихая – Морозовская – Им. М. Горького – Куберле – Тихорецкая	71	3814	2953	6767

Фактическая возможность освоения проектных объемов перевозок определена с помощью построения графиков движения поездов, различающиеся по установленным длинам поездов (57 и 71 условный вагон).

График движения с обращением поездов длиной в 71 условный вагон предпочтителен, потому что отсутствует перелом длины составов по станциям Морозовская и Куберле, снижается загрузка станционных путей, возрастает среднесуточная производительность локомотива. При этом, техническая возможность скрещения поездов длиной 71 условный вагон есть только на одной станции участка.

По результатам проведенной работы установлено, что дальнейшее использование участка Морозовская – Куберле с нормой длины грузовых поездов в 71 условный вагон экономически целесообразно и фактически возможно для освоения перспективного объема перевозок.

Участок Им. М. Горького – Сальск в 2025 году становится основным направлением следования грузовых поездов, но в настоящее время данный участок – однопутный с двухпутными вставками. К 2020 году планируется укладка вторых главных путей на всей протяженности линии Им. М. Горького – Тихорецкая, что позволит увеличить как размеры движения так и скорости движения поездов. Показатели построенных графиков движения указаны на рис. 4.

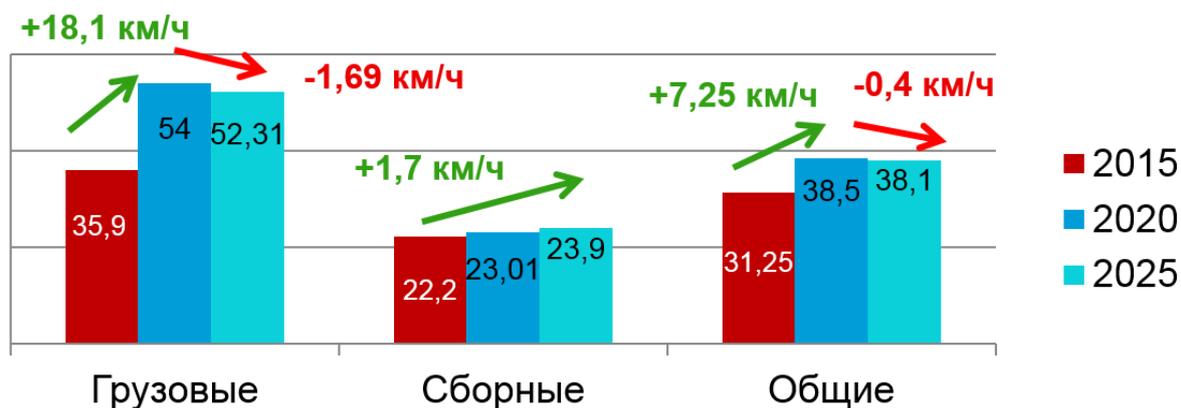


Рис. 4. Участковая и техническая скорости на участке М.Горький – Сальск в 2015, 2020 и 2025 годах

Эффективное регулирование подвода поездов в морские порты невозможно без учета технологии работы самих портовых комплексов и припортовых станций, в том числе с помощью повышения уровня маршрутизации и эффективного использования установленных весовых норм.

Переключение основного перспективного потока грузовых поездов на станцию Им. М. Горького и выбор её как основной сортировочной станции Южного полигона позволяет высвободить часть перерабатывающей мощности сортировочной станции Батайск, которая выполняет формирование поездов с подборкой вагонов по грузополучателям и видам грузов в адрес Черноморских портов.

На рис. 5 показана зависимость ограничивающего элемента перерабатывающей и пропускной способности станции Новороссийск - четной горловины парка «Нижний» от уровня маршрутизации входящего поездопотока. Разгружая его появляется возможность освоить большие объемы поступающих грузов.

При моделировании эксплуатационной работы станции Новороссийск и железнодорожных путей необщего пользования ПАО «НМТП» рассмотрены 2 варианта ком-

поновочных решений по размещению контейнерного терминала и универсального перегрузочного комплекса. Определены возникающие ограничения и риски при транспортировке грузов с помощью железнодорожного транспорта с учетом развития железной дороги в рамках ФЦП «Комплексное развитие Новороссийского транспортного узла».

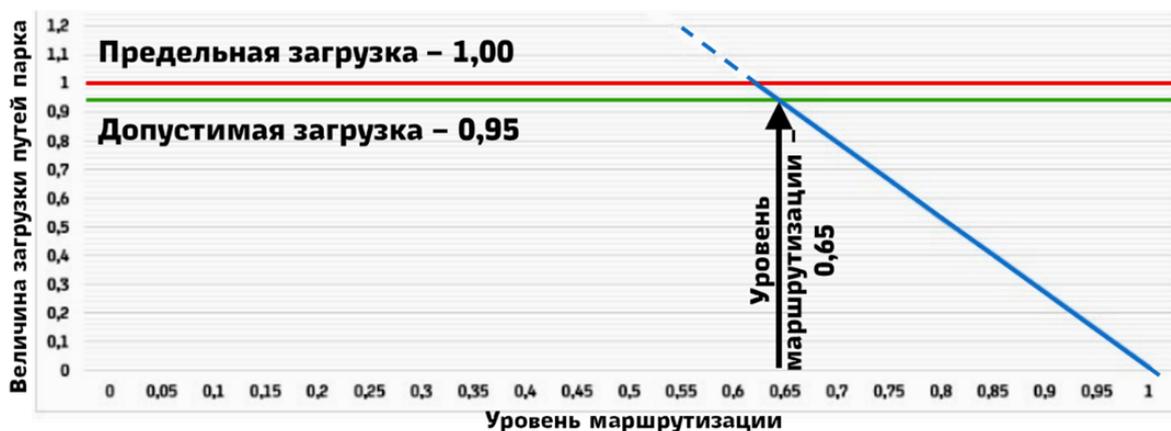


Рис. 5. График отношения уровня маршрутизации и загрузки четной горловины парка «Нижний» припортовой станции Новороссийск

Исходя из критерия выбора по наибольшей перерабатывающей способности рекомендован вариант, по которому результирующая перерабатывающая способность станции примыкания и путей необщего пользования, обслуживающих морские терминалы, больше на 293 вагона/сут.

При этом по результатам моделирования определены ограничения в технологии работы при перспективном развитии инфраструктуры и сделаны предложения по организации приема и подачи полноставных маршрутов (71 условный вагон) на пути необщего пользования морских терминалов, в том числе с переносом приемосдаточных операций.

На пассажирской станции Ростов-Главный определены ограничивающие элементы и меры по снижению их загрузки (см. табл. 3).

Таблица 3

Ограничивающие элементы и меры по снижению их загрузки на станции Ростов-Главный

Ограничивающие элементы	Меры по снижению загрузки
Высокая загрузка путей парков «А» и «В» в часы-пик (более 0,8) имеет место в течение суток неоднократно (при предельно допустимой 0,75)	Монтаж системы водоснабжения транзитных пассажирских поездов на трёх путях парка «В»
Возникновение враждебности маршрута приёма чётных пригородных поездов по V главному пути в парк «В» со станции Темерник	Организация движения поездов в обоих направлениях на II пути перегона Темерник – Ростов-Главный

Затронутые в докладе аспекты технологических решений по распределению перспективных поездопотоков на подходах к портам Азово-Черноморского бассейна указывают на комплексный характер выполненной работы. Кроме того, в ходе графиче-

ской проверки вынесенных проектных решений подтверждена возможность освоения перспективных грузоперевозок.

Библиографический список

1. Мишарин А.С. Генеральная схема – основа устойчивого развития железнодорожного транспорта // Железнодорожный транспорт. – 2016. – № 5. – С. 11-14.
2. Пехтерев Ф.С. С учетом прогнозов социально-экономического развития страны // Железнодорожный транспорт. – 2016. – № 5. – С.15-19.

УДК 656.2

НОВОРОССИЙСКИЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЙ УЗЕЛ – КЛЮЧЕВОЙ ФАКТОР ОБЕСПЕЧЕНИЯ СТАБИЛЬНОСТИ ГРУЗОПЕРЕВОЗОК В АДРЕС МОРСКИХ ПОРТОВ РЕГИОНА

Числов О.Н., Безусов Д.С.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ростовский государственный университет путей сообщения» (Ростов-на-Дону)

Введение

Северо-Кавказская железная дорога (СКЖД) – филиал ОАО «РЖД», является важнейшим инфраструктурным объектом транспортной сети страны, обеспечивающим транспортировку грузов в сообщении с южнороссийскими глубоководными портами. На Северо-Кавказской дороге имеется 401 станция, в том числе: 4 сортировочных Батайск, Краснодар-Сортировочный, Лихая, Тихорецкая; 10 грузопассажирских; 20 участковых; 53 грузовых; 316 промежуточных. Для выполнения грузовых операций открыты 280 станций, из них 13 станций являются припортовыми [1].

С одной стороны снижение объемов перевозок грузов по завершению зимних Олимпийских в Сочи, санкционные ограничения и обострение отношений с Украиной отразились на объемах работы дороги, но с другой стороны переориентация экспортно-импортных грузопотоков на порты Юга России увеличила грузооборот портов и соответственно показатели работы дороги. По данным Ассоциации морских торговых портов (АСОП) [2], доставка грузов в морские порты железнодорожным транспортом по сравнению с 2016 г. увеличилась на 6,6 % до 289,4 млн тонн. Также вырос объем грузов, поставляемых в порты трубопроводным – до 241,8 млн тонн (+11,2 %), автомобильным – до 54,2 млн тонн (+12,3 %) и морским транспортом – до 12,8 млн тонн (+1,0 %). Следует отметить, что основная доля грузов, доставляемых в морские порты, осуществляется, по-прежнему, железнодорожным – 47,2 % и трубопроводным транспортом – 39,4 %, на автомобильный транспорт приходится 8,9 %, речной – 2,4 % и морской – 2,1 %. Основная доля грузов, отправляется из морских портов автомобильным – 58,2 % и железнодорожным транспортом – 28,5 %, на морской приходится – 7,9 %, трубопроводный – 4,8 % и внутренний водный – 0,6 %.

Грузооборот морских портов Азово-Черноморского (см. табл. 1) и Каспийского бассейнов в 2016 г. составил 244,0 млн тонн (+4,8 %), в том числе перевалка сухогрузов увеличилась до 105,3 млн тонн (+7,1 %), наливных – до 138,7 млн тонн (+3,1 %) [2].

Грузооборот портов Азово-Черноморского бассейна

Порт	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Новороссийск	122,9	117,1	116,1	117,4	119,1	125,6	127,06	131,4
Туапсе	18,4	18,6	19,4	17,8	16,9	18,9	25,19	25,19
Ростов н/Д	6,2	7,7	10,4	11,1	11,6	12	13,62	15,3
Таганрог	3	2,9	3,5	3,4	3,9	5,1	5,92	4,9
Азов	4,7	4,3	4,8	5,1	7,7	7,9	8,05	7,2
Кавказ	8,6	10,1	8,3	9,4	10,1	12,3	13,7	15,4
Темрюк	2,1	1,9	2,4	2,3	3,7	4,5	4,7	5,1
Ейск	4,3	3,6	4	3,6	3,3	4,1	3,92	4,3

Из табл. 1 следует, что в 2016 г. основные порты юга России показали рост грузооборота мультимодальных перевозок, который, скорее всего, продолжится и в 2017 г. В 2016 г. четыре припортовые станции установили рекорд по выгрузке: на станции Новороссийск 2 апреля было выгружено 1955 ваг, в Туапсе 15 марта суточная выгрузка составила 918 ваг, на станции Вышестеблиевской 29 марта – 733 ваг, на ст. Грушевая 4 октября – 625 ваг.

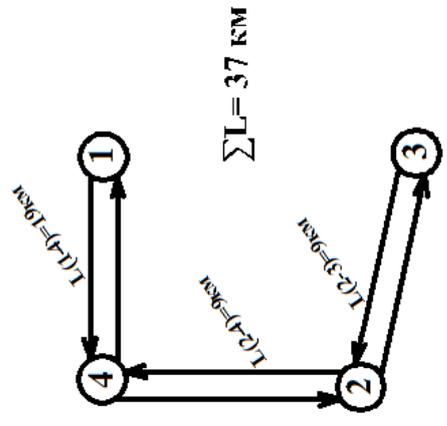
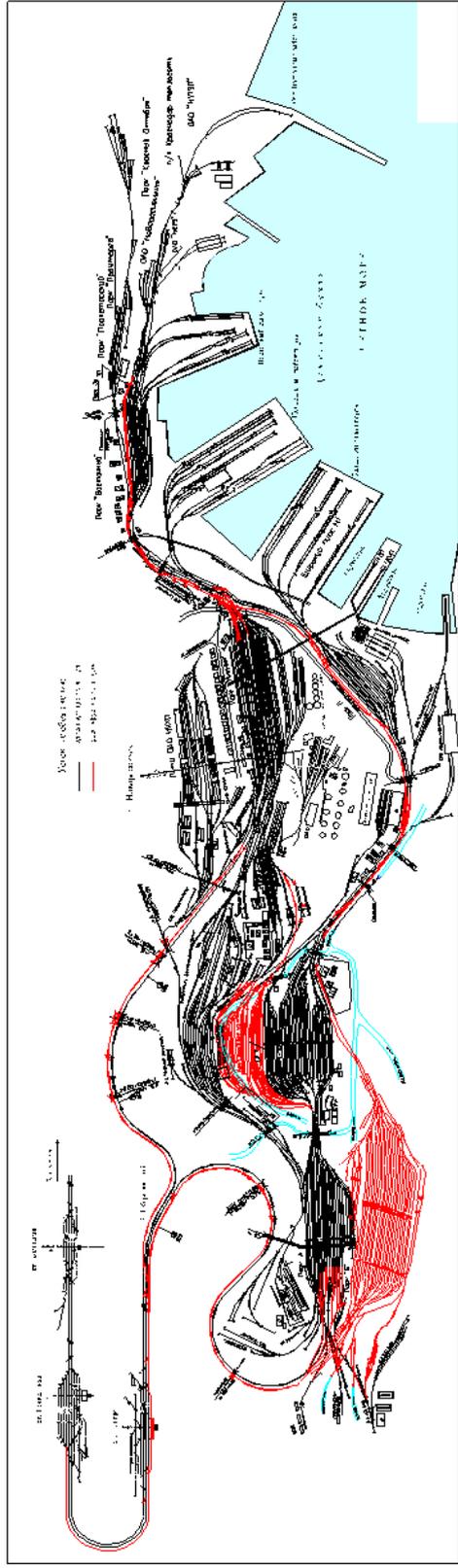
Результаты 2017 г. обещают продолжить положительные тенденции. Станция Туапсе уже 22 января выгрузила 963 ваг, а 24 января – 1002 ваг. Таких результатов удалось добиться благодаря целому комплексу мер, которые направлены на улучшение взаимодействия в припортовых транспортных узлах за счет работы координационных советов и единых комплексных диспетчерских смен в Новороссийске и Туапсе. Для этих целей, в частности, предполагается создать в Новороссийском узле перспективный транспортно-логистический управляющий комплекс, который позволит организовать единое информационное пространство мультимодальных перевозок и снизить потери на стыках взаимодействия видов транспорта. Главные задачи – увеличение выгрузки в припортовых станциях на 10 % и сокращение количества отставленных от движения грузовых поездов.

1. Новороссийский железнодорожный узел – ключевой фактор обеспечения стабильности мультимодальных грузоперевозок

Железнодорожные узлы являются важнейшим инфраструктурным элементом, обеспечивающим эффективную работу всей транспортной сети страны в едином социально-экономическом пространстве. Известно, что пребывание подвижного состава в узле составляет 50-60 % всего времени оборота, в узлах концентрируется основной объем сортировочной работы с удельным весом в общей переработке вагонов на сети – более 40 %.

Новороссийский узел (см. рис. 1, а) является крупнейшим на юге России, имеет сложную структуру управления и взаимодействия с различными видами транспорта. Узел тупиковый с последовательным расположением станций, включает 4 железнодорожных станции, количество подходов к узлу – 1, протяженность путей главного хода – 37 км (см. табл. 2). Работу Новороссийского узла обеспечивают сетевая припортовая сортировочная станция Батайск и региональная сортировочная станция Краснодар.

Припортовая станция Новороссийск является структурным подразделением Северо-Кавказской железной дороги – филиал ОАО «РЖД». По характеру выполняемой работы станция является грузовой внеклассной (рис. 1, а). Для обработки поездов и вагонов станция Новороссийск имеет 6 парков (в перспективе 7 парков, по завершению



j \ i	1	2	3	4
1		0	0	19 1 2
2	0		1 9 2	1 2
3	0	1 9 2		0
4	19 1 2	1 2	9 2	0

Рис. 1. Новороссийский железнодорожный узел:
 а – схема узла; б – граф узла; в – вероятностная модель узла; г – матрица смежности узла

Инфраструктурные показатели Новороссийского железнодорожного узла

№	Раздельный пункт	Тип	Класс	Количество путей				Количество, обслуживаемых подъездных путей
				Приемо-отправочные	Сортировочные	Погрузочно-выгрузочные	Прочие пути	
1	Баканская	Пр.С1	5	4	0	2	2	3
2	Гайдук	Пр.С2	5	3	0	0	2	2
3	Новороссийск	ГС1	внекл	18	44	26	95	50
4	Тоннельная	ГС2	3	5	1	3	2	4
Итого				30	45	31	101	59
Длина главного хода, км				37				
Количество узловых подходов				1				

строительства парка «Б»): парк «А» – для приема грузовых поездов, парк «Сортировочный» – для расформирования, подборки и накопления вагонов, парк «Портовый» – для приема, пропуска маневровых составов и подборки вагонов для Западного и Центрального грузовых районов порта, парк «Нижний» – для приема и отправления пассажирских поездов, формирования, отправления и приема грузовых поездов, обслуживания путей общего и необщего пользования, парк «Ранжирный» – для подачи и уборки вагонов на примыкающие железнодорожные пути необщего пользования, парк «Восточный» – для накопления, подформирования групп вагонов, подачи и уборки вагонов на железнодорожные пути необщего пользования. Согласно графику движения поездов на станцию Новороссийск в сутки может быть подведено и отправлено 31 пара грузовых поездов и 19 пассажирских. Длина прибывающих и отправляемых поездов 57 вагонов. Ст. Новороссийск обслуживает железнодорожные пути необщего пользования, основными из которых являются: ОАО «Новороссийский морской торговый порт» (ОАО «НМТП»), ОАО «Новороссийский зерновой терминал», ОАО «Новорослесэкспорт», ОАО «Комбинат хлебопродуктов», ОАО «Новоросцемент», ООО «Рускон».

ОАО «НМТП» оказывает услуги по перевалке на морской транспорт широкой номенклатуры грузов: генеральных, навалочных, контейнерных, продовольственных, лесоматериалов, нефтепродуктов и др. Общая протяженность причального фронта 14836 м, в том числе, на Внутренней гавани – 9822 м (58 причалов), на остальной акватории порта – 5014 м (28 причалов). В границах морского порта осуществляют свою деятельность более 80 хозяйствующих субъектов (стивидорные, агентирующие, сюрвейерские компании и пр.).

2. Перспективное развитие Новороссийского узла

Развитие железнодорожных узлов осуществляется в соответствии с федеральными целевыми программами, а также «Стратегией развития железнодорожного транспорта в Российской Федерации до 2030 года». Программные мероприятия по повышению конкурентоспособности международных транспортных коридоров на Юге страны включают комплексные инвестиционные проекты по устранению «узких» мест на направлениях максимальной концентрации грузопотоков в регионе.

На Северо-Кавказской железной дороге реализуется ряд крупных инвестиционных проектов развития железнодорожной инфраструктуры:

- завершено строительство второго Новороссийского тоннеля (протяженностью 1,6 км), что позволило увеличить пропускную способность подхода к Новороссийскому морскому порту;
- построена накопительная станция в районе разъезда 9 км;

- предусматривается развитие станции Новороссийск: строительство парка «Б» на 15 приемоотправочных и 8 сортировочно-отправочных путей, строительство соединительного пути парка «Б» со станцией Гайдук, строительство соединительного пути между парками «Б» и «С», строительство ПТОЛ; строительство соединительного пути между блок-постом Кирилловский и парком «Нижний»;
- для повышения перерабатывающей способности «Нижнего» парка и сокращения времени на формирование составов предлагается рассмотреть два варианта путевого развития данного района: первый – запроектировать перед четной горловиной парка «Нижний» горку малой мощности (ГММ) с одной тормозной позицией и вытяжным путем под автомобильным путепроводом с удлинением одного пролета моста; второй – в парке «Восточный» создать выставочно-сортировочный парк с полугоркой (ГММ) и последующей перестановкой составов в парк отправления «Нижний»;
- ведется строительство обхода Краснодарского узла, вторых путей на Таманском ходе и Крымского мостового перехода.

Как отмечается в стратегических планах развития инфраструктуры ОАО РЖД, в перспективе возможен рост грузопотоков через Новороссийский узел. Однако существующие пропускные способности железнодорожных линий к портам Азовско-Черноморского бассейна не обеспечивают выполнение перспективных объемов грузопотоков уже на ближайшие годы. Такое положение сложилось в результате отставания пропускных способностей международного транспортного коридора от роста грузопотоков и сложностью развития самой станции Новороссийск из-за стесненных городских условий.

Перспектива развития Новороссийского порта связана со строительством юго-восточного грузового района мощностью перевалки до 6 млн т в год сухих грузов, развитием контейнерного терминала, зерноперегрузочного комплекса, реконструкцией территории лесного порта, увеличением перерабатывающей способности терминала ОАО «Комбинат Импортпищепром».

В соответствии с намеченными объемами грузовой работы требуется развитие не только парков станции Новороссийск для увеличения пропускной и перерабатывающей способности, но и строительство двухпутных подходов на направлении Котельниково – Тихорецкая – Кореновск – Тимашевская – Крымская. Требуется реконструкция нечетной горловины станции Крымская для повышения пропускной способности.

Помимо решения инфраструктурных проблем, необходимы технологические решения по повышению доли маршрутизации в адрес Новороссийского порта, более «глубокой» подборки вагонов на ближайших сортировочных станциях для сокращения времени на формирование групп вагонов на припортовой станции назначения.

Следует вернуться к вопросу рассмотрения вариантов строительства «сухого порта». Например, первый вариант – на станции 9-м км (недостаток расположения – это удаленность от Новороссийского порта почти на 50 км); второй – на разъезде 11 км участка Крымская – Грушевая (ближе почти на 20 км); третий вариант – в районе парка «Восточный» станции Новороссийск.

При значительном увеличении выгрузки в порту необходима разработка комплексного генерального плана развития Новороссийского железнодорожного узла и, как возможный, перспективный вариант – превращение узла из тупикового типа в сквозной с усилением перерабатывающей способности парков станции (см. рис. 2).

Для этого предлагается сооружение новой железнодорожной линии от разъезда 11 км (на существующей линии Крымская – Грушевая) в обход станции Грушевая до

города Геленджика и далее вдоль побережья через Кабардинку к «Восточному» парку станции Новороссийск, создав тем самым железнодорожное кольцо (I вариант). На этом кольце за парком «Восточный» целесообразно построить новую сквозную пассажирскую станцию с техническим парком для межпоездного отстоя, ремонта и экипировки составов пассажирских поездов. В более далекой перспективе целесообразно продлить железнодорожную линию от города Геленджика вдоль побережья до станции Туапсе, обеспечив тем самым перспективное развитие курортной зоны этой части Черноморского побережья. На рис. 2 также показан второй вариант строительства железнодорожной линии от станции Абинская до города Геленджика, но он значительно дороже первого, длиннее на 15 км и усложняет работу Краснодарского узла.

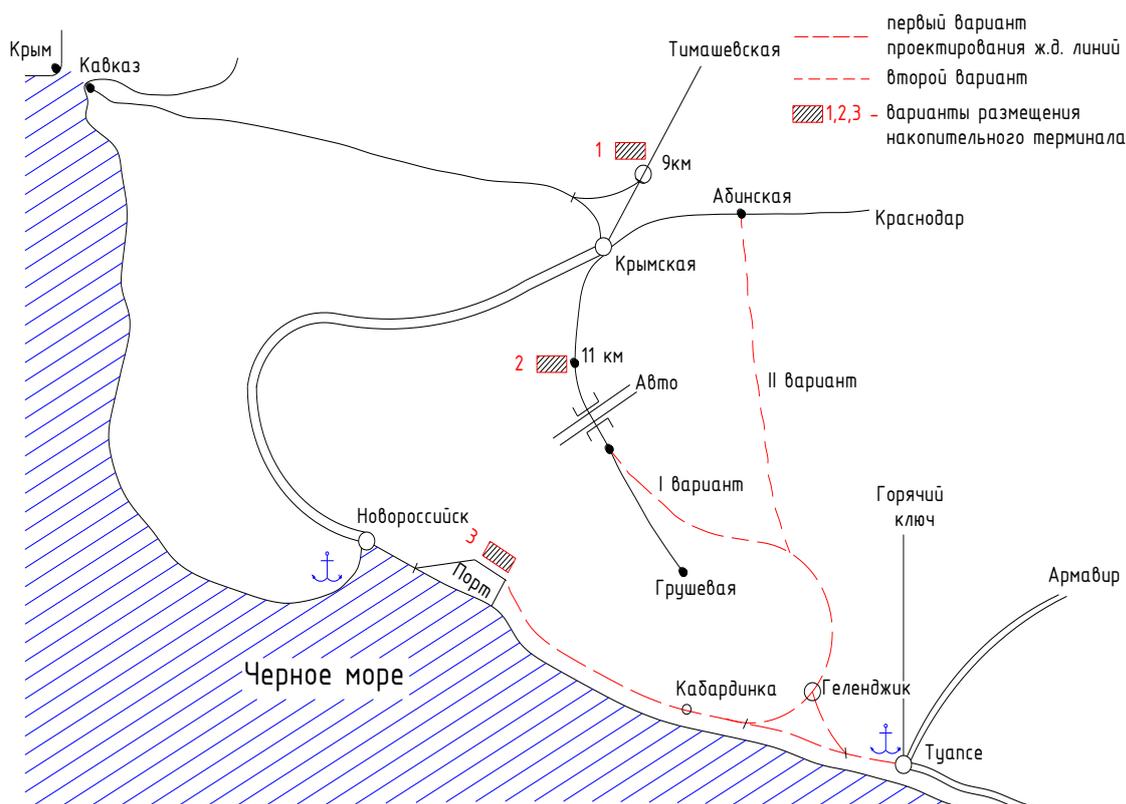


Рис. 2. Вариант развития Новороссийского железнодорожного узла

3. Прогрессивные методы оценки узловых инфраструктур

Известно, что существующие схемные решения узлов характеризуются большой степенью сложности, поэтому формализация и оценка железнодорожной инфраструктуры узла является важной задачей и должна отвечать многим требованиям.

Для характеристики эксплуатационной надежности узла по типу транспортных связей может использоваться теория графов и теория вероятностей в последовательных и параллельных схемах соединения узловых объектов (станций). Граф железнодорожного узла отражает вид узловых соединений, а теория вероятностей – надежность работы. Для характеристики степени надежности системы примем вероятности распределения продолжительности интервалов времени между поступлением заявок (прибытием поездов) объектов узла на обслуживание и временем безотказной работы всей системы, которые подчиняются закону Пуассона и имеют экспоненциальное распределение [6]. Так как блоки системы отказывают независимо друг от друга, время безотказной работы r -го блока при $r = 1, 2, \dots, n$ имеет экспоненциальное распределение $E(\lambda_r)$ с заданным параметром λ_r .

Сложность узла определяется числом станций; мощностью транспортных потоков, обслуживаемых ими; разветвленностью технологических связей между станциями и степенью их взаимодействия; удобствами эксплуатации; квалификацией персонала, обслуживающего схему управления узлом и т.д. Для количественной оценки сложности железнодорожного узла используется состояние порогового значения мощности системы, которое можно описать вероятностными показателями происходящих в ней процессов перехода в новое качественное состояние [3,7]. Понятие «относительная организация» R позволяет сравнивать уровни организации систем, имеющих различные структурные и функциональные возможности [5]. Для Новороссийского узла «относительная организация» $R = 0,945$. Стоит отметить, что важное место в повышении надежности работы железнодорожного узла также имеют внедряемые единые технологические процессы взаимодействия узловых станций примыкания и подъездных путей необщего пользования предприятий в увязке с другими видами транспорта на основе контактных графиков, единых смен работы погрузочно-разгрузочных фронтов, машин и механизмов и информационного обеспечения перевозок.

Коэффициенты связности K_s и достижимости K_d – важные характеристики инфраструктуры железнодорожного узла, отражающие структуру и скорость взаимодействия между станциями. По результатам расчетов [7] можно сделать вывод, что в замкнутых узловых структурах (кольцевых, комбинированных, радиальных с параллельными и петлевыми ходами) коэффициенты достижимости значительно меньше, чем в узлах без ходов – последовательного, треугольного, крестообразного типа. Для Новороссийского узла $K_s = 1,5$ и $K_d = 1,67$.

В качестве способа измерения надежности эксплуатации узловой инфраструктуры предлагается ввести *коэффициент устойчивости узла* $K_{уст}$. Значения коэффициента устойчивости находятся в пределах от 0 до 1, выражая вероятность сохранения работоспособности узловой схемы при различных негативных воздействиях на неё. Из результатов [7] следует, что коэффициенты устойчивости узлов варьируются 0,73-0,98. Для Новороссийского узла $K_{уст} = 0,95$.

Сравнительный анализ внутренней и внешней устойчивости сети поможет определить рациональную степень насыщения узла параллельными транспортными связями. С одной стороны, увеличение внутриузловых связей способствует повышению коэффициента связности, уменьшает коэффициент достижимости (сокращает количество транзитных пунктов между отправителем и получателем). Но не всегда большое количество параллельно работающих блоков оправдано. Наилучшими же показателями устойчивости обладают либо узлы с небольшим числом станций без циклов последовательного типа, либо узлы, обладающие сбалансированным сочетанием количества станций и замкнутых маршрутов.

В качестве параметров оценки транспортной работы железнодорожного узла предлагается система модифицированных показателей [4,7]:

- *транспортная производительность узла*, определяется произведением величины поездопотока и протяженности в км главного хода, отнесенным к единице времени (сутки) $R(t) = (N \cdot L) / T$, поездо·км/сут, где N – суточный поездопоток узла, пар поездов/сут; L – пробег по главным путям узла, км.

- *размер транспортного действия* (применяется для учета величины поездопотока, длины главного хода и участковой скорости), определяемый как произведение транспортной производительности и скорости $R^*(t) = N \cdot L \cdot V = (N \cdot V^2) / T$, поездо·км² / сут·ч, где V – участковая скорость, км/ч.

- *временной размер движения*, образуется делением транспортной производительности на скорость $M(t) = (N \cdot L) / V$, поездо·ч / сут.

- *линейная плотность узлового поездопотока*, характеризует количество поездов на определенном участке в текущий момент времени $P(L) = N / L$, поезд / сут·км.

- *грузонапряженность*, определяет нагрузку в тоннах приходящуюся на 1 км пути $P(Q) = (N \cdot Q) / L$, т / сут·км, где Q – средний вес поезда, т.

- *степень использования узловой инфраструктуры* $k(n_{\text{пут}}) = N / n_{\text{пут}}$, поезд / сут·пут, где $n_{\text{пут}}$ – количество приемоотправочных путей.

- *средневзвешенное значение класса узловых станций* $S_K = \sqrt[n]{i_1 \cdot i_2 \cdot i_3 \cdot \dots \cdot i_n}$, где n – количество станций в узле; i – класс каждого отдельного пункта узла (если станция внеклассная или первого класса, то ее значение класса i не вносится в квадратный корень, но учитывается в количестве станций n).

Таблица 3

Сводная ведомость модифицированных показателей Новороссийского узла

Узел	L	N	$n_{\text{пут}}$	$R(t)$	$R^*(t)$	$M(t)$	$P(L)$	$P(Q)$	$k(n_{\text{пут}})$	K_s	K_d	S_K
«Н»	37	50	30	1850,00	62345	54,90	1,35	4672,97	1,67	1,5	1,67	2,94

Для оценки транспортной и технологической взаимосвязи станционных элементов (парков, сортировочных устройств, грузовых фронтов), схему можно представить в виде основных блоков (см. рис. 3).

На рис. 3,а показано размещение парков и устройств тупиковой припортовой грузовой станции «Н». Входами и выходами системы обслуживания являются подходы железнодорожных линий к станции.

Транспортно-технологическая система грузовой станции (рис. 3, б) состоит из подсистемы транспортных циклов (прием поездов в расформирование, следование поездного локомотива на экипировку в депо, заезд маневрового локомотива под состав, надвиг состава на горку, расформирование вагонов, перестановка вагонов в приемоотправочный парк, подача и уборка вагонов на грузовые фронты и причалы порта) и подсистемы технологических циклов (коммерческий и технический осмотр составов, определение технических параметров вагонов, торможение груженых вагонов при расформировании с горки, накопление вагонов и формирование составов, экипировка и ремонт локомотивов, ремонт вагонов, погрузка и выгрузка грузов, прицепка локомотивов, проба автотормозов).

В ТТС станции поступают заявки на обслуживание. Это прибывающие и отправляющиеся поезда, подачи, вагоны, одиночные локомотивы. Обслуживание заявок проходит несколько фаз (стадий) [6]. Время поступления заявки в фазу задается текущей координатой и фиксируется записью в журнале ответственным исполнителем. Характер обслуживания для каждой категории заявок стандартен и состоит из определенного набора операций, характеризующихся длительностью и последовательностью выполнения. Возникают циклы обслуживания, состоящие из набора фаз. В каждой фазе обслуживание заявки осуществляется структурными элементами.

Элементы, выполняющие динамические и статические операции обслуживания, считаются базисными. Структурно каждая фаза начинается и заканчивается базисными элементами. Для обслуживания заявок одной и той же категории в некоторых фазах системы используются параллельно работающие линии. Базисные элементы системы в таком случае служат бункерами конечной емкости. Заявки занимают только свободные линии, согласно принятой очередности их обслуживания. Таким образом формируется моделирующий алгоритм работы станции в соответствии с положениями теории массового обслуживания.

Выводы

Таким образом, оценка эффективности проектных решений по инфраструктурному развитию важнейших железнодорожных узлов требуют новых подходов к выбору вариантов насыщения узла транспортными связями и увеличения пропускной способности. Важное место в повышении надежности работы железнодорожного узла также имеют технологические решения по развитию взаимодействия узловых припортовых станций и подъездных путей необщего пользования предприятий в увязке с другими видами транспорта (водным, автомобильным).

Библиографический список

1. Транспорт России: Всероссийская транспортная еженедельная информационно-аналитическая газета [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.transportrussia.ru>.
2. Ассоциация морских портов России [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.morport.com/rus>.
3. Числов О.Н. Метод оценки уровня организации и пропускной способности инфраструктуры железнодорожных узлов / О.Н. Числов, В.В. Хан // Известия Петербургского университета путей сообщения. – СПб.: ПГУПС. – 2013. – №4 (37). – С. 68-78.
4. Поттхофф Г. Учение о транспортных потоках. пер. с нем. – М.: Транспорт, 1975. – 344 с.
5. Шеннон К. Работы по теории информации и кибернетике / под. ред Р.Л. Добрушина и О.Б. Лупанова.– М.: Иностран. лит., 1963. – 832 с.
6. Ватутин, В.А. Теория вероятностей и математическая статистика в задачах: учеб. пособие для вузов. – М.: Дрофа, 2003 – 328 с.
7. Числов, О.Н. Железнодорожные узлы: схемные решения, транспортная работа и их оценка: монография / О.Н. Числов, В.В. Хан, В.М. Задорожний, Н.М. Магомедова. – Ростов н/Д: РГУПС, 2016. – 228 с.

УДК 625

ИНФРАСТРУКТУРНЫЕ ПРОЕКТЫ ЗАБАЙКАЛЬСКОГО КРАЯ. ОСВОЕНИЕ ЗАШУЛАНСКОГО УГОЛЬНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Благодарзумы И.В.

Забайкальский институт железнодорожного транспорта – филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Иркутский государственный университет путей сообщения» (Чита)

Забайкальский край – уникальный регион Российской Федерации по своему ресурсному потенциалу и выгодной транспортной схеме, интегрированной в мировую систему коммуникаций. Зашуланское угольное месторождение, одно из многочисленных природных богатств Забайкальского края, которое в настоящее время привлекло внимание инвесторов.

История геологоразведки и комплексного изучения месторождения относится к середине XX века. По результатам изысканий объем запасов каменного угля категории $A + B + C1$ составляет 456,1 млрд тонн [1, 2].

Добывать уголь на месторождении предполагается открытым способом, уголь будет использоваться как для нужд энергетики и ЖКХ Забайкальского края, так и для экспорта в Китай. Добычу на месторождении предполагается начать в 2018 г., выйти на проектную мощность в 2021 г.

Проектная мощность разреза определена объемом добычи до 8 млн тонн угля в год. По предварительным оценкам, инвестиции в проект составят более 30 млрд руб.

Разработка Зашуланского месторождения каменного угля является одним из важнейших проектов комплексного освоения минерально-сырьевой базы Забайкальского края, направленных на развитие его социально-экономического потенциала.

Для успешной реализации проекта, прежде всего, необходимо решить вопрос транспортировки угля к месту погрузки на железнодорожный транспорт. В качестве пункта примыкания, определена станция Гыршелун Забайкальской железной дороги. В настоящее время уголь транспортируется автомобильным транспортом.

Интенсивность движения грузового автотранспорта составляет 10-12 автомобилей в сутки, что при грузоподъемности машин 25-30 тонн, составляет величину порядка 175 тыс. тонн угля в год. Путь транспортировки проходит через четыре населенных пункта по автодорогам регионального подчинения и выходит к ст. Петровский Завод - месту погрузки угля на железнодорожный подвижной состав. Недостатками такой схемы является большая длина 228 км и движение большегрузных автосамосвалов через населенные пункты, что является нарушением правил перевозки делимых грузов по дорогам общего пользования и влечет штрафные санкции.

Проектный объем перевозки на 2020 г. определен в размере 1,2 млн тонн/год. Для его реализации предусмотрено строительство отдельной автодороги, как основного транспортного коридора 1 этапа освоения Зашуланского месторождения.

Территория прохождения трассы новой автодороги расположена в Красночикойском и Хилокском районах Забайкальского края и характеризуется уникальным животным и растительным миром, сложным рельефом и развитой гидрологической сетью. Самыми крупными реками в районе являются Чикой, Менза, Хилок, Арей и Блудная. Автодороге предстоит пересечь Малханский хребет с многочисленными отрогами, отметки на перевале 1457 м.

По результатам комплексного обследования района разработана концепция транспортной схемы доставки угля [3]. Основным принципом концепции является максимальное снижение строительной стоимости за счет использования существующей сети автомобильных дорог местного и регионального подчинения. При этом, для исключения затрат на компенсацию ущерба от движения большегрузных автомобилей по автотрассе федерального подчинения М267 «Байкал», предусматривается её пересечение в районе с. Хилогосон.

Существующая транспортная сеть района проектирования слаборазвита и непригодна для движения большегрузных автосамосвалов. На рис. 1 представлена схема автомобильных дорог района и трасса будущей автодороги.

Общая длина новой автодороги составляет 155,8 км, что на 72 км короче существующей схемы, кроме этого дорога проходит вне населенных пунктов. Работы по реализации концепции распределяются следующим образом:

- 101,1 км – ремонт и восстановление существующих автодорог местного подчинения и бесхозных дорог;
- 40,45 км – использование после ремонта региональных автодорог;
- 14,2 км – строительство новой автодороги на участке пересечения реки Чикой.

На дороге необходимо построить четыре больших моста через реку Хилок и её протоку, реки Чикой и Арей, 46 малых и средних моста и 122 водопропускные трубы.

Главными препятствиями на пути автодороги:

- отсутствие мостов через крупные реки, а существующий мост на реке Арей не обеспечивает нагрузки углевозных автосвалов;

- состояние существующих мостов и водопропускных труб;
- участки подъема на Малханский хребет, имеющие уклоны до 70 ‰, в плане представленные кривыми $R = 20$ м;
- состояние земляного полотна на участках пересечения заболоченных долин рек Выезжая и М.Энгорок. В этих местах разрушены высокие насыпи и деревянные мосты.

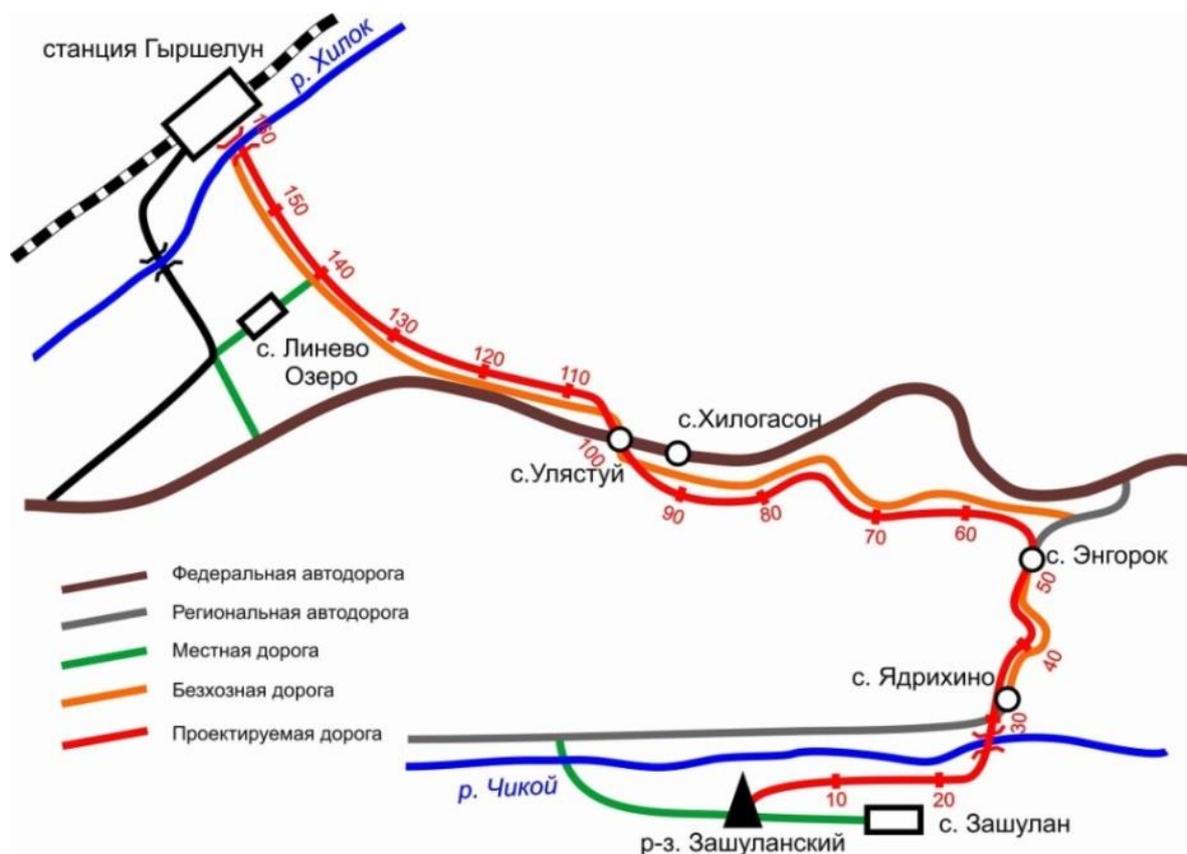


Рис. 1. Схематическая трасса автомобильной дороги от разреза Зашуланский до ст. Гыршелун Забайкальской железной дороги

Кроме этого, к барьерным относятся участки автодорог регионального подчинения движение, по которым сопряжено со штрафными санкциями.

Заданные параметры автодороги предусматривают движение автосамосвалов грузоподъемностью 60 тонн, общим весом до 80 тонн, максимальные размеры движения – 100 автомобилей в сутки, объем перевозки – 1,2 млн тонн угля в год. Учитывая специфику производства и расположение объектов инфраструктуры, для проектирования принята категория автодороги IV-к.

Важнейшим местом автодороги является участок пересечения реки Чикой. В результате работы выбраны две базовые площадки мостового перехода (см. рис. 2). Первая – в районе села Стелозавод, где река Чикой течет одним потоком, без рукавов и имеет наименьшую ширину русла, около 120 м. Вторая – на месте бывшей паромной переправы около д. Зашулан. Ширина реки в этом месте также 120 м.

Дополнительно рассмотрен вариант пересечения Чикоя в створе намеченной трассы будущей железной дороги – третья площадка. В соответствии с решениями, принятыми разработчиками проекта железной дороги, местом пересечения реки Чикой

намечен участок русла расположенный на 18 км ниже Стеклозавода в районе горы Камень.

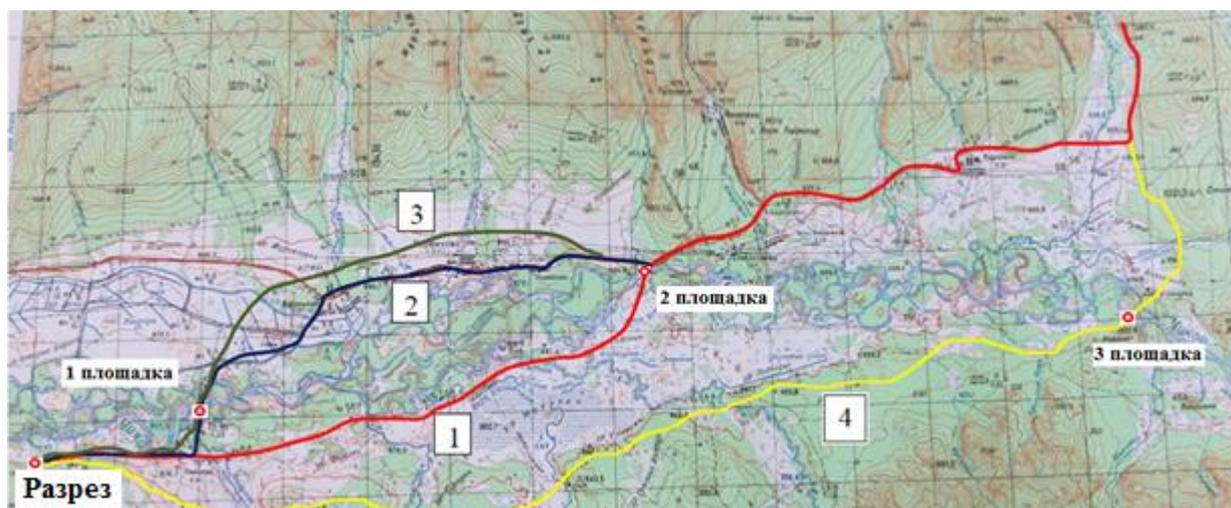


Рис. 2. Возможные варианты пересечения реки Чикой

Для сравнения намечены четыре варианта трассы новой автомобильной дороги. В результате сравнения (см. табл. 1), можно однозначно заключить, что наиболее целесообразным является 3-й вариант. Второй и четвертый варианты являются неконкурентоспособными. Второй из-за несоответствия требованиям транспортировки угля через населенные пункты, четвертый из-за многократного превышения объемно-строительных показателей.

Таблица 1

Объемно-строительные показатели вариантов автодороги на участке перехода через реку Чикой

Показатель	1 вариант	2 вариант	3 вариант	4 вариант
Длина, км.	13,7	14,1	14,2	48
Большой мост, шт.	1	1	1	1
Длина моста, м	200	200	200	450
Объем земляных работ, тыс. м ³ .	685,3	203,8	355,3	1383
Малые ИССО, шт.	7	11	14	23

Таким образом, сравнению подлежат 1-й и 3-й вариант. При этом третий имеет существенные преимущества – благоприятные условия устройства земляного полотна, вдвое меньший объем земляных работ, удобное место мостового перехода, без существенных перепадов отметок правого и левого берега и возможность этапного ввода дороги в эксплуатацию.

В результате оценки объемов строительных работ по созданию транспортной схемы установлено следующее:

- общая длина пути составляет 156 км, из которых 14 км автодороги необходимо построить заново, 142 км подлежат коренной реконструкции;
- необходимо построить четыре больших моста через реки Чикой, Арей, Хиллок и протоку Хилка, возвести заново 122 водопропускные трубы и 46 малых и средних мостов;

- объем земляных работ составляет 2135 тыс. м³.

В основу расчета стоимости заложены данные смет-аналогов на строительство участков автодорог в Забайкальском крае [4, 5].

По итогам расчетов, общая стоимость строительства автодороги составила 1400,7 млн руб.

Большие объемы и стоимость строительных работ, в условиях многочисленных рисков связанных с конъюнктурой рынка угля, делают необходимым реализацию принципа этапности организации строительства новой автодороги.

В данном случае намечены три этапа и первоочередное обеспечение сквозного проезда автосамосвалов до станции Гыршелун, при минимальных объема работ.

Целью первого этапа является подготовка существующих автодорог к движению большегрузной технике. Для этого предстоит выполнить следующие работы:

1. Строительство четырех больших мостов;
2. Замена всех существующих малых искусственных сооружений;
3. Строительство новой дороги до села Афонькино для примыкания к существующей региональной дороге. От села Афонькино до села Ядрихино движение по существующей региональной дороге (что предусматривает штрафные санкции и согласования);
4. Подготовка земляного полотна на остальных участках в объеме планировки существующего земляного полотна, засыпки скальным грунтом заболоченных мест, сооружение насыпей на участках переходов через долины рек.

Выполнение этих работ обеспечит сквозное движение большегрузного автомобильного транспорта.

Реализация второго этапа позволит исключить из транспортной схемы участки региональных дорог, движение по которым влечет штрафные санкции. Для этого предусматривается:

1. Строительство обхода села Афонькино, села Черемхово до примыкания к существующей региональной автодороге в районе села Ядрихино;
2. Ремонт региональных автомобильных дорог.

Третий этап предусматривает приведение земляного полотна автомобильной дороги на всем протяжении к проектному очертанию в плане и продольном профиле.

Одной из наиболее эффективных мер, которая позволит снизить строительные затраты является перевод региональных автодорог в статус местных. Дополнительные резервы снижения стоимости могут быть выявлены в процессе детального проектирования, также эффективным будет применение современных материалов, технологий и способов производства работ.

Реализация данного проекта крайне важна для Забайкалья, для которого надежды на экономическое оживление связаны прежде всего с развитием горнодобывающего кластера.

По оценкам экспертов запуск проекта позволит создать более тысячи рабочих мест, не менее 80 % из которых займут жители Забайкалья. Ежегодные налоговые отчисления после выхода проекта на полную мощность прогнозируются в объеме более 400 млн руб. [3].

Библиографический список

1. Севастьянов В.Ф. Промежуточный отчет о результатах гидрогеологических и поисково-разведочных работ на Красночикийском и Зашуланском угольных месторождениях с подсчетом запасов на 01 декабря 1969 г. / В.Ф. Севастьянов, В.В. Королев. – Чита: ТФИ, 1971 г.
2. Протокол ТКЗ «Читагеолкома» от 01 ноября 1984 г. № 261.

3. Благоразумов И.В. Создание транспортной инфраструктуры для освоения Зашуланского угольного месторождения в Забайкальском крае / И.В. Благоразумов, К.А. Кирпичников, Е.В. Непомнящих, Р.Н. Зимин // Транспортная инфраструктура сибирского региона: материалы VIII Всероссийской научно-практической конференции, 28 марта – 01 апреля, г. Иркутск. – Иркутск: ИрГУПС, 2017. – Том 1. – С. 258-263.

4. Кирпичников К.А. Транспортная составляющая освоения Зашуланского угольного месторождения в Красночуйском районе Забайкальского края / К.А. Кирпичников // Транспортная инфраструктура Сибирского региона: материалы IV Всероссийской научно-практической конференции, 13-17 мая, г. Иркутск. – Иркутск: ИрГУПС, 2013. – Том 1. – С. 528-532.

5. Благоразумов И.В. Предпроектные соображения по строительству железнодорожного пути по направлению «Окино-Ключевское месторождение угля – Гусиноозерская ГРЭС» / И.В. Благоразумов, К.А. Кирпичников, Е.В. Непомнящих и др. // Проектирование развития региональной сети железных дорог: сб. науч. тр. под ред. В.С. Шварцфельда. – Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 2013. – Вып. 1. – С. 39-42.

УДК 656.212.5

ПЕРСПЕКТИВНОЕ РАЗВИТИЕ СОРТИРОВОЧНЫХ СТАНЦИЙ НА ПОДХОДАХ К ПОРТОВЫМ КОМПЛЕКСАМ

Горбунов Г.Г.

Акционерное общество «Институт экономики и развития транспорта» (Москва)

Для обеспечения бесперебойной организации перевозочного процесса, сохранения отлаженного механизма работы морских портов необходимо осуществлять поточный и равномерный подвод грузов от мест их зарождения до мест перегрузки на морской транспорт. В условиях роста вагонопотоков на основных сортировочных станциях просматривается тенденция к увеличению загрузки сортировочных устройств, путей парков и горловин, что в свою очередь может привести к увеличению простоя транзитного вагона с переработкой и, как следствие, нарушить поточный и равномерный подвод грузов к морским портам.

В связи с вышесказанным необходимо учитывать высокую важность сохранения достаточного резерва пропускных и перерабатывающих мощностей основных сортировочных станций, формирующих поезда на припортовые железнодорожные станции.

Одним из проектов, реализуемых ОАО «РЖД» и направленных на своевременное прогнозирование возникающих дефицитов в мощностях сортировочных станций и недопущение замедления продвижения вагонопотоков, является «Схема размещения и Программа развития сортировочных станций» [1, 2].

Разработка Схемы размещения и Программы развития сортировочных станций включает в себя несколько этапов.

Этап первый – *анализ загрузки существующей инфраструктуры и статистических данных о наличии резервов и дефицитов по пропускным и перерабатывающим способностям рассматриваемых станций на текущий момент*. В перечень рассматриваемых станций включены станции, рассмотренные в утвержденной Схеме размещения и Программе развития сортировочных станций 2014 года.

Этап второй – *анализ выполнения мероприятий утвержденной Схемы размещения и Программы развития сортировочных станций 2014 года*. Разделение мероприятий на три категории: выполненные, находящиеся в стадии выполнения или частично

выполненные, отклонения от утвержденной Программы развития сортировочных станций 2014 года.

Этап третий – *разработка перспективных вагонопотоков*. На основе актуализированной грузовой базы рассчитываются грузо- и вагонопотоки по основным направлениям и подходам к рассматриваемым станциям. Вагонопотоки, принятые для разработки комплексных инвестиционных проектов развития полигонов, учитываются при актуализации Схемы размещения и Программы развития сортировочных станций с целью создания единого (сводного) документа с мероприятиями по развитию станций сети ОАО «РЖД».

Этап четвертый – *моделирование работы рассматриваемых станций при существующей инфраструктуре на основе перспективных вагонопотоков*. По итогам моделирования работы станций формируется отчет о перспективных загрузках рассматриваемых станций и наличии резервов и дефицитов в части пропускных и перерабатывающих способностей.

Этап пятый – *разработка технологических мероприятий по устранению (снижению) дефицитов пропускной и перерабатывающей способностей рассматриваемых станций*. Фиксация изменений показателей пропускных и перерабатывающих способностей станций и корректировка отчета о наличии резервов и дефицитов в части пропускных и перерабатывающих способностей (полученного в этапе 4).

Этап шестой – *формирование перечня станций, для которых необходимо выполнение реконструкционных мероприятий с целью организации бесперебойной обработки перспективных объемов вагонопотоков*.

Этап седьмой – *анализ мероприятий, рекомендуемых к внедрению в Схему размещения и Программу развития сортировочных станций*. Анализ предложений Дирекций управления движением по переносу сортировочной работы на предузловые (вспомогательные, технические) станции. Включение в Программу развития сортировочных станций мероприятий, способствующих организации бесперебойной обработки перспективных объемов вагонопотоков на рассматриваемых станциях.

Этап восьмой – *моделирование работы рассматриваемых станций при условии выполнения мероприятий по развитию на основе перспективных вагонопотоков*. При выявлении недостаточности мероприятий по станциям проводится разработка дополнительных мероприятий и последующее включение их в Схему размещения и Программу развития сортировочных станций. Расчёт перспективных нормативных показателей работы рассматриваемых станций.

Этап девятый – *формирование итогового перечня мероприятий по развитию рассматриваемых станций в рамках актуализации Схемы размещения и Программы развития сортировочных станций*.

Крупнейшие морские торговые порты Российской Федерации находятся на территории Азово-Черноморского, Северо-Западного и Тихоокеанского бассейнов. Учитывая большой грузооборот данных портов и тенденцию к его увеличению, необходимо сохранять устоявшийся цикл работы во взаимодействии их с железнодорожным транспортом. Только при выполнении данного условия Новороссийский морской торговый порт, Морской порт Санкт-Петербург, Морской торговый порт Усть-Луга, Мурманский морской торговый порт и Восточный порт смогут беспрепятственно освоить перспективный грузопоток.

Согласно текущему Плану формирования поездов основными сортировочными станциями, продвигающими вагонопоток назначением в указанные морские порты, являются:

- для портов Азово-Черноморского бассейна: Батайск и Им. М. Горького;

- для портов Восточного полигона: Хабаровск II, Комсомольск-сортiroвочный;
- для портов Мурманского узла: Беломорск.

На Южном направлении на перспективу планируется дефицит пропускной и перерабатывающей способностей на станции Им. М. Горького, а также других станциях полигона, что приведет к замедлению продвижения вагонопотоков в адрес морских портовых комплексов и, как следствие, нарушит работу цикла взаимодействия с ними.

Учитывая текущее выполнение работ по реконструкции станции Им. М. Горького, предложено сконцентрировать на ней всю основную работу по формировании поездов в адрес портов Азово-Черноморского бассейна, что позволит высвободить мощности ряда станций расчетного полигона для снижения инвестиций на их развитие.

Реконструкцией станции предусмотрено строительство новой сортiroвочной системы. После выхода на проектную мощность станция сможет увеличить показатель среднесуточной переработки на 4318 вагонов в сутки и сможет формировать до 23 новых назначений.

Новая сортiroвочная система позволит не только увеличить объем среднесуточной переработки, но и снять загрузку с лимитирующих элементов путевого развития станции, что в конечном итоге улучшит основные эксплуатационные показатели.

Федеральной целевой программой предусмотрено строительство новой сортiroвочной предпортовой станции Портовая для обслуживания порта Тамань. Её создание позволит разгрузить перерабатывающие мощности станции Разъезд 9 км и сконцентрировать ее работу в части продвижения вагонопотоков в такие порты как Кавказ и Термюк.

На станциях Восточного полигона также прогнозируется дефициты перерабатывающей способности станций. В условиях обязательного сохранения ритмичности взаимодействия морского и железнодорожного транспорта прогнозируемые дефициты по станции Хабаровск II необходимо устранять в первую очередь.

По станции Хабаровск II в рамках Программы уже выполнены мероприятия по удлинению путей парка «Б» до полезной длины 71 условный вагон, укладки дополнительных съездов и тупикового пути для локомотивов. Вторым этапом развития станции предусмотрена реконструкция четного сортiroвочного парка.

После завершения всех мероприятий и выхода станции на проектную мощность перерабатывающая мощность станции увеличится на 300 вагонов в сутки, что создаст возможность для увеличения среднесуточного формирования поездов в адрес морских портов Восточного полигона.

В дополнение к разработанным реконструктивным мероприятиям на станции Хабаровск II принято решение о развитии станции Уссурийск как вспомогательной. Строительство нового приемо-отправочного парка позволит сформировать полноценную нечетную сортiroвочную систему. Увеличение количества сортiroвочных путей и реконструкция центральных горловин позволят освоить перспективный вагонопоток и увеличить прибыль ОАО «РЖД» за счёт осуществления подборки порожних вагонов.

Перенос части сортiroвочной работы со станции Хабаровск II на станцию Уссурийск позволит высвободить часть перерабатывающей мощности нечетной системы станции Хабаровск II и привести её загрузку к допустимым показателям.

С учетом тенденции роста вагонопотоков в адрес морских портов России и перспективного открытия новых портовых комплексов в Северо-Западном регионе решено продолжить выполнение мероприятий на станциях Санкт-Петербург-Сортiroвочный-Московский и Лужская.

Комплексным проектом по развитию Мурманского железнодорожного узла предусмотрено строительство новой сортировочной станции Выходной на базе существующей промежуточной станции.

Сортировочная станция Выходной предназначена для концентрации обслуживания портов Мурманского узла, в том числе и строящегося терминала Лавна. Строительство новой сортировочной станции позволит формировать до 22 назначений и перерабатывать до 2800 вагонов в сутки.

Реконструкцией станции Беломорск предусмотрен ряд мероприятий по увеличению перерабатывающей и пропускной способности станции, направленных на обработку потребного перспективного вагонопотока. Основные мероприятия, планируемые в рамках реконструкции станции – механизация сортировочной горки, строительство нового приемоотправочного парка и строительство новых сортировочно-отправочных путей с удлинением существующих до полезной длины 1050 м.

Выход всех перечисленных станций на проектную мощность позволит увеличить среднесуточное формирование на 73 назначения при увеличении переработки до 12910 вагонов в сутки, тем самым обеспечив освоение перспективного вагонопотока, следующего в адрес крупнейших портов Российской Федерации.

При выполнении вышеуказанных реконструкционных и технологических мероприятий будет обеспечена бесперебойность продвижения вагонопотоков назначения в морские порты с улучшением основных эксплуатационных показателей, что позволит получить синергетический эффект для освоения перспективного объема перевозок.

Библиографический список

1. Бородин А.Ф. Схема размещения и развития сортировочных станций ОАО «РЖД» до 2015 года // Железнодорожный транспорт. – 2008. – № 1. – С. 48-54.
2. Бородин А.Ф., Агеев Р.В., Крылов А.С., Сиротич М.Б. Размещение, развитие и взаимодействие сортировочных станций // Железнодорожный транспорт. – 2010. – № 8. – С. 15-22.

УДК 656.212.5

ОБОСНОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ СОРТИРОВОЧНОЙ И ПОЕЗДНОЙ РАБОТЫ В ПРИПОРТОВЫХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ УЗЛАХ

Бородина Е.В.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет транспорта (МИИТ)» (Москва)

По инициативе ОАО «РЖД» разработаны и утверждены принципиально новые технологические документы – Единые комплексные технологические процессы (ЕКТП):

- Усть-Лужского транспортного узла [1];
- Новороссийского транспортного узла и портов Таманского полуострова [2].

В ЕКТП регламентирована технология управления движением и всеми железнодорожными операциями, обеспечивающая слаженное взаимодействие участников перевозочного процесса: диспетчерского центра управления перевозками, подразделений железнодорожного узла, маневрового оператора, государственных контрольных органов, операторов морских терминалов, морских грузоперевозчиков, администрации порта и др.

Работа на основе ЕКТП вызывает необходимость существенной модернизации расчетных зависимостей [3] с целью учета современных особенностей работы припортовых узлов с потоками вагонов различной принадлежности, при оценке затрат, связанных:

- с потоками поездов, входящих в узел и выходящих из узла – переработка и накопление на станциях, формирование составов поездов и маневровых передач, пробеги поездов по участкам, внутриузловым ходам и соединительным ветвям, пробеги одиночных поездных локомотивов в связи с непарностью движения на участках, а также от разборочных поездов в депо и из депо к поездам своего формирования, простои вагонов и поездных локомотивов на станциях, задержки поездов по неприему станциями;
- с обработкой внутриузловых вагонопотоков – организацией передаточного движения и маневрового обслуживания морских терминалов;
- с изменением технико-технологических параметров станций, районных парков и морских терминалов узла при перераспределении вагонопотоков и трансформации их параметров.

Ограничения задачи определяют стационарные ресурсы транспортного узла (подходы, внутриузловые перегоны и соединения; путевое развитие станций, районных парков, путей необщего пользования; техническое оснащение технологических линий; наличие контактной сети и род тока; стационарные перегрузочные и тяговые устройства терминалов) и мобильные ресурсы (поездные и маневровые локомотивы, эксплуатационный штат, передвижные перегрузочные и тяговые устройства терминалов).

Задача обоснования технологических параметров припортовых железнодорожных узлов является комбинаторно-оптимизационной, характер которой обусловлен нелинейностью и целочисленностью ряда компонентов целевой функции. При этом сама целевая функция не может быть записана как простая сумма составляющих затрат, связанных с различными потоками поездов и с технико-технологическими параметрами компонентов узла. Указанные затраты несут разные участники перевозочного процесса, что требует декомпозиции на ряд однокритериальных задач с последующей координацией результатов.

Формализованная постановка задачи формулируется следующим образом: необходимо выбрать такой вариант организации сортировочной работы в условиях текущей эксплуатации и на перспективу, при котором обеспечивается функционирование припортового железнодорожного узла с минимальными затратами.

Имеется управляемая система – совокупность станций: предпортовая сортировочная (ПСС), припортовые станции (ПС) или районные парки (РП), морские терминалы с подъездными путями промышленных станций (Т), выполняющих сортировочную работу в припортовом узле. В качестве управляющих воздействий выступают переменные: k_r – число назначений формируемых поездов по взаимодействующим станциям r ; $N_{\text{расп.}r}$ – вагонопоток между станциями, участвующий в распределении сортировочной работы; $n_{\text{гр.}x}$ – число грузовых поездов между станциями по участку (внутриузловой соединительной линии) x . Под состоянием системы понимается вариант распределения сортировочной работы. Тогда совокупность управлений представится так:

$$S_i = \{k_r; N_{\text{расп.}r}; n_{\text{гр.}x}\}. \quad (1)$$

Выбор оптимального варианта распределения сортировочной работы связан с выбором такого управления, при котором целевая функция достигает минимального значения, т. е.

$$E_{\min} = \min_S \{E(S_i)\} \quad (2)$$

Целевая функция – суммарные среднесуточные затраты – включает в себя составляющие, связанные с различными потоками поездов и с технико-технологическими параметрами станций (см. рис. 1) Нахождение рационального варианта распределения сортировочной работы в припортовом узле сводится к решению задачи:

$$E = \Sigma E_{\text{пер}} + \Sigma E_{\text{нак}} + \Sigma E_{\text{ман}} + \Sigma E_{\text{дв}} + \Sigma E_{\text{од.лок}} + \Sigma E_{\text{пр.ваг}} + \Sigma E_{\text{пр.лок}} + \Sigma E_{\text{перед}} + \Sigma E_3 \pm \Sigma E_{\text{доп.тех}} \rightarrow \min \quad (3)$$

при ограничениях:

$$k_r \leq k_{\max.r}; \quad (4)$$

$$N_{\text{об.г}} + N_{\text{расп.г}} \leq N_{\text{т.г}}; \quad (5)$$

$$n_{\text{гр.х}} \leq \gamma_{\text{уч.х}} n_{\text{н.гр.х}}; \quad (6)$$

$$M_{\text{потр.г}} \leq M_{\text{макс.г}}; \quad (7)$$

$$N_i \geq N_{\min.i}, \quad (8)$$

где k_r – число назначений поездов, формируемых в сортировочной системе r ; $k_{\max.r}$ – то же, максимально допустимое для данных размеров переработки в сортировочной системе r ; $N_{\text{об.г}}$, $N_{\text{расп.г}}$, $N_{\text{т.г}}$ – вагонопотоки, перерабатываемые в сортировочной системе r – соответственно обязательный, распределяемый и технически допустимый для данного числа формируемых назначений, вагонов/сут; $n_{\text{н.гр.х}}$ – пропускная способность участка (внутриузлового хода, соединительной линии) x для грузового движения, поездов/сут; $\gamma_{\text{уч.х}}$ – допустимый уровень использования пропускной способности участка (внутриузлового хода, соединительной линии) x ; $M_{\text{потр.г}}$, $M_{\text{макс.г}}$ – потребный и максимально допустимый парк поездных локомотивов g -ой специализации (участка обращения); N_i , $N_{\min.i}$ – мощность назначения i – соответственно расчетная и минимально допустимая по условию своевременной доставки грузов, вагонов/сут.

Кроме того, в ограничениях необходимо учесть возможности приема и отправления поездов на станции по условиям расположения подходов, схемам путевого развития, наличия контактной сети и рода тока.

В задаче (3 – 8) к владельцу инфраструктуры общего пользования и железнодорожному перевозчику относятся расходы $\Sigma E_{\text{пер}}$, $\Sigma E_{\text{дв}}$, $\Sigma E_{\text{од.лок}}$, $\Sigma E_{\text{пр.лок}}$, $\Sigma E_{\text{перед}}$, ΣE_3 , $\Sigma E_{\text{доп.тех}}$ и ограничения (4 – 8).

К владельцу пути необщего пользования, обслуживающего терминал, и маневровому оператору относятся расходы $\Sigma E_{\text{пер}}$, $\Sigma E_{\text{ман}}$, $\Sigma E_{\text{доп.тех}}$ и ограничения (5, 6).

К оператору подвижного состава относятся расходы $\Sigma E_{\text{нак}}$, $\Sigma E_{\text{пр.ваг}}$ и ограничение (8).

График движения поездов на полигонах взаимодействия с грузоперевалячными комплексами должен предусматривать стыковку:

- графика движения с выделением твердых расписаний грузовых поездов на участках;
- елочного графика движения передаточных поездов в транспортном узле, увязывающего сортировочную станцию узла, отдельные припортовые станции и их районные парки;
- контактного графика обработки транспортных средств.

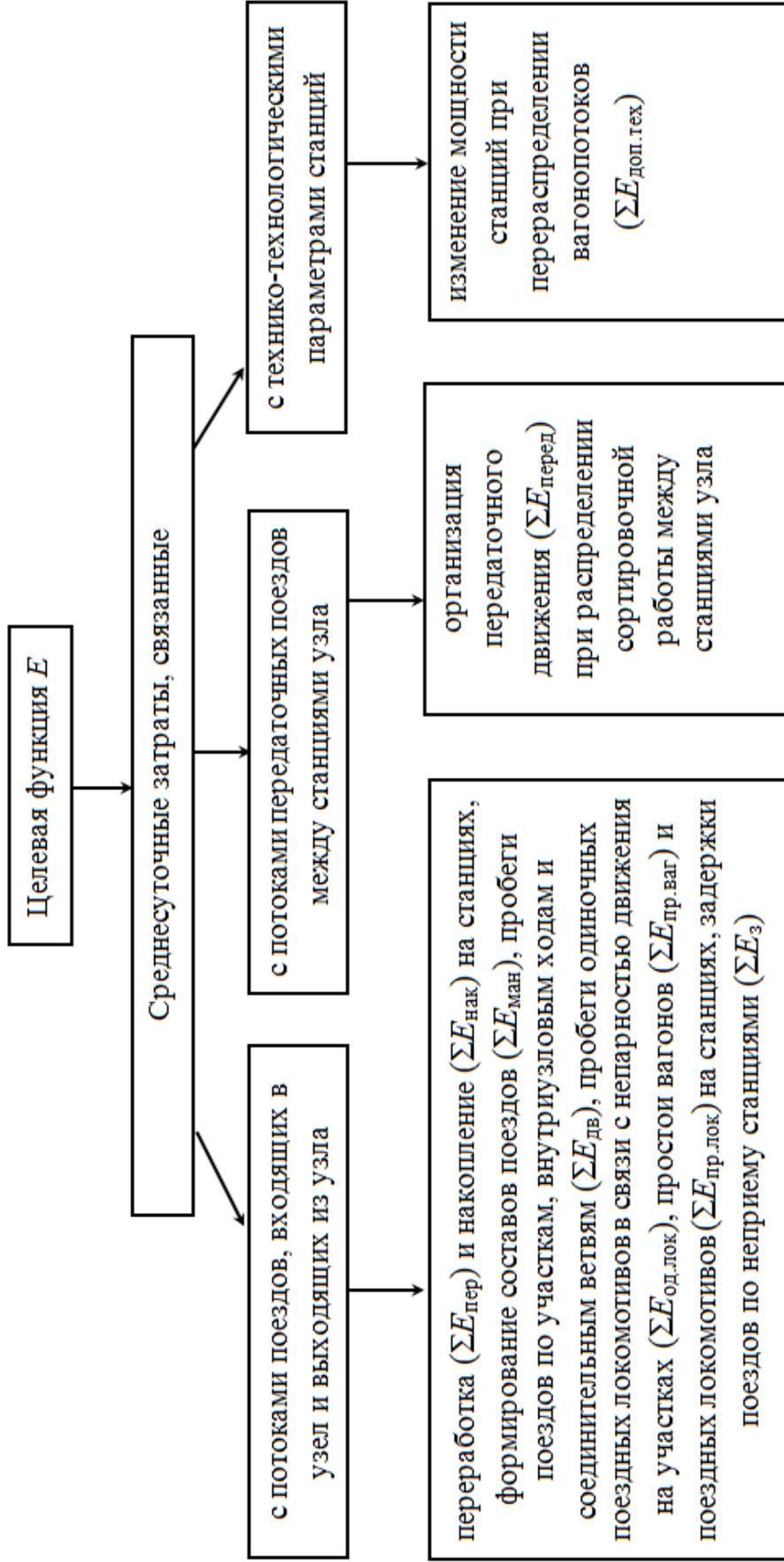


Рис. 1. Составляющие целевой функции задачи распределения сортировочной работы в припортовом железнодорожном узле

При этом елочный график должен предусматривать:

- 1) соответствие увязанных ниток ядра поездов на участках и в узле;
- 2) интервалы прибытия и отправления поездов с линии на узел и с узла на линию, обеспечивающие возможность следования по одним и тем же ниткам как транзитных для предпортовой сортировочной станции, так и перерабатываемых (формируемых) поездов с минимальными задержками;
- 3) возможность переезда передаточных локомотивов между припортовыми станциями (районными парками, терминалами) и пропуска групповых передач с отцепкой на припортовых станциях.

Различают следующие виды передаточных поездов в припортовых узлах:

- между предпортовой сортировочной станцией и припортовыми станциями узла;
- между предпортовой сортировочной станцией и промышленными станциями, обслуживающими терминалы;

Установление оптимальных параметров передаточного движения, а именно количества передаточных поездов и величины их составов, производится на основе следующих рекомендаций. Для выбранного варианта распределения сортировочной работы в узле необходимо определить количество передаваемых вагонов при распределении потоков с одной станции на другую, и для этих вагонопотоков установить оптимальные размеры движения передаточных поездов, а также потребное количество локомотивов для их обслуживания.

Оптимальные размеры передаточного движения определяются с учетом существующего передаточного вагонопотока между станциями и вагонопотока, возникающего при распределении сортировочной работы, и определяются числом передаточных поездов, при котором суммарные среднесуточные затраты будут минимальными для узла в целом.

Рассматриваемый порядок обоснования технологии передаточного движения в узле включает:

- определение среднесуточных затрат на передаточное движение для каждого внутриузлового назначения;
- определение потребного парка передаточных локомотивов;
- комплексный выбор рациональных размеров передаточного движения для узла в целом;
- составление узлового графика движения поездов.

Возможные варианты размеров движения *передаточных поездов каждого назначения* ограничены минимальным числом поездов

$$n_{\Pi}^{\min} = N_{\Pi} / m_{\Pi, \max}, \quad (9)$$

где N_{Π} – мощность назначения передаточных поездов с учетом вагонопотока, распределяемого со станции передачи на станцию концентрации, вагонов/сут; $m_{\Pi, \max}$ – максимальный состав передаточного поезда, вагонов.

Сопоставимые в разных вариантах среднесуточные затраты на передаточное движение в узле определяются для каждого назначения *передаточных поездов* по формуле:

$$E_{\text{перед}} = E_{\text{нак}} + E_{\text{фор}} + E_{\text{ож.от}} + E_{\text{дв}} + E_{\text{ож.пр}} + E_{\text{расф}} + E_{\text{лок}}^{\text{сод}} + E_{\text{рез}}, \quad (10)$$

где $E_{\text{нак}}$ – затраты, связанные с накоплением передаточных поездов, руб./сут.; $E_{\text{фор}}$ – затраты на формирование передаточных поездов, руб./сут.; $E_{\text{ож.от}}$ – затраты, связанные с ожиданием выполнения операций с передаточным поездом на станции отправления (окончанием формирования, технологической обработки и отправления),

руб./сут.; $E_{\text{дв}}$ – затраты на передвижение передаточных поездов по внутриузловой линии, руб./сут.; $E_{\text{ож.пр}}$ – затраты, связанные с ожиданием выполнения операций на станции прибытия передаточных поездов (технологической обработки по прибытии и расформирования), руб./сут.; $E_{\text{расф}}$ – затраты на расформирование передаточных поездов, руб./сут.; $E_{\text{лок}}^{\text{сод}}$ – затраты на содержание парка передаточных локомотивов, руб./сут.; $E_{\text{рез}}$ – затраты на резервный пробег передаточных локомотивов в связи с непарностью движения, руб./сут.

Для определения оптимальных размеров передаточного движения необходимо определить каждый из элементов затрат, который входит в формулу (10), и выбрать значение $E_{\text{перед}}$, соответствующее минимальному значению.

При увеличении числа передаточных поездов возрастает загрузка маневровых локомотивов формирования, загрузка бригад ПТО вагонов в парке отправления, загрузка выходного участка, загрузка бригад ПТО вагонов в парке приема и загрузка сортировочного устройства системы назначения. Это влечет за собой увеличение простоя в ожидании окончания формирования, обработки и отправления, в ожидании технологической обработки по прибытии и расформирования на величины:

На основе рассмотренных результатов следует внести изменения и дополнения в Инструктивные указания [4] в части методики расчетов по распределению сортировочной работы и организации передаточного движения в железнодорожных узлах.

Библиографический список

1. Краснощёк А.А., Бородин А.Ф., Рыбин П.К. Единый комплексный технологический процесс Усть-Лужского транспортного узла // Железнодорожный транспорт. – 2014. – № 11. – С. 26-34.
2. Краснощёк А.А., Кузнецов А.В., Кузин В.В., Панин В.В., Сулова М.В., Залуцкий М.И. Единый комплексный технологический процесс работы транспортного узла Новороссийск и портов Таманского полуострова // Железнодорожный транспорт. – 2015. – № 9. – С. 8-15.
3. Апатцев В.И., Бородин А.Ф., Бородина Е.В.. Управление перевозками в железнодорожных узлах. Учебное пособие. – М., РГОТУПС, 2003. – С. 55-110.
4. Инструктивные указания по организации вагонопотоков на железных дорогах ОАО «РЖД». – М.: Техинформ, 2007. – 527 с.

УДК 656.073

АНАЛИЗ ВАРИАНТОВ ПЕРЕДАЧИ ГРУЗА ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ ВИДОВ ТРАНСПОРТА

Четчуев М.В.¹, Четчуева В.Г.²

¹ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I» (Санкт-Петербург)

² Акционерное общество «РЖД Логистика» (филиал в Санкт-Петербурге)

Одним из наиболее ответственных и в большинстве случаев весьма сложных в реализации этапов смешанной перевозки является передача груза с одного вида транспорта на другой. Возможные трудности связаны с необходимостью координации работы стыкуемых транспортных систем в технической, технологической, организацион-

ной, планово-экономической, правовой и финансовой сферах [1]. Это особенно характерно для взаимодействия железнодорожного и водного транспорта.

Существуют три варианта передачи груза:

- прямой;
- складской;
- комбинированный.

Прямой вариант предполагает непосредственную перевалку груза между взаимодействующими видами транспорта. При складском варианте передачу груза осуществляют через склад. Комбинированный предусматривает совмещение прямого и складского вариантов.

Экономически наиболее целесообразным принято считать прямой вариант перегрузки. В нашей стране этот способ передачи груза при смешанных перевозках долгое время являлся основным. Экономические эффекты при использовании этого варианта связывали с тем, что:

- снижаются потребности в складских мощностях;
- уменьшается количество необходимых перегрузочных механизмов и потребный штат работников;
- отсутствуют дополнительные операции по выгрузке на склад и со склада в подвижной состав;
- исключаются операции временного хранения груза.

Всё перечисленное в теории должно привести к ускорению и удешевлению доставки груза. Однако, следует учитывать и то, что уровень достижения подобных эффектов при прямом варианте перегрузки будет целиком определяться такими факторами, как: согласованность работы смежных видов транспорта, ритмичность поступления транспортных средств, грузоподъемность подвижного состава, объём перегрузки, структура грузопотока и др.

В реальных условиях зависимость конечного результата от указанных факторов зачастую не принимают во внимание. Обеспечение прямого варианта перегрузки в основном сводится к попыткам организовать ритмичный подвод подвижного состава одного вида транспорта под другой по взаимно согласованным графикам движения. В качестве критерия эффективности, как правило, устанавливают минимальные простои подвижного состава взаимодействующих видов транспорта [2].

Следует отметить, что отечественный и зарубежный опыт показывают, что организовать передачу груза в пункте взаимодействия, без простоя подвижного состава одного или другого вида транспорта практически невозможно. Из-за объективно существующей неравномерности поступления транспортных средств в пункт передачи груза приходится применять различные способы компенсации несогласованности в подводе [3]. К таким способам прежде всего относится накопление подвижного состава одного из видов транспорта, которое в свою очередь нередко приводит к появлению соответствующих сверхнормативных простоев.

На практике обычно не более 20-25% грузов может быть перегружено по прямому варианту без дополнительного простоя подвижного состава одной из стыкуемых транспортных систем. Остальные 75-80% грузов почти всегда перегружаются с дополнительным простоем транспортных средств. Во втором случае ожидаемая экономия ресурсов (территории, материалов, времени, трудозатрат, финансов и т.п.) оказывается мнимой, так как простои транспортных средств могут быть очень большими и дорогостоящими [2]. Примером последних могут послужить простои зарубежных грузовых судов.

За границей трудности этапа передачи груза при взаимодействии видов транспорта понимают более отчетливо, поэтому в пунктах перевалки грузов создают меха-

низированные и автоматизированные склады. Цель этих складов состоит не в хранении, а в преобразовании параметров грузопотоков для наиболее эффективного дальнейшего транспортирования грузов. Изменение параметров грузопотоков осуществляется таким образом, чтобы передаваемые со складов грузы наиболее полно отвечали бы особенностям того вида транспорта, на который перегружаются (размеры транспортных партий, характер и параметры подвижного состава, время погрузки транспортных средств и т.д.).

В России, в результате развития логистических технологий, отношение к вариантам передачи грузов изменилось. В настоящее время при проектировании цепей поставок всё большее предпочтение отдаётся складскому варианту, как обладающему более приемлемой и гибкой технологией перевалки груза.

Необходимо отметить и тот факт, что в определённых условиях целесообразным может оказаться применение комбинированного варианта перегрузки. Мировой опыт показывает, что существует достаточно большое количество стыковых пунктов, оснащённых перегрузочными линиями, позволяющими организовать передачу грузов в одном и обратном направлениях, как по прямому варианту, так и через зону временного хранения. Указанные стыковые пункты, как правило, размещаются на направлениях концентрации грузопотоков.

Из материалов настоящей статьи становится понятным, что складской вариант передачи груза в сравнении с прямым, является более рациональным. Возникающие при его использовании дополнительные затраты (создание и содержание складских ёмкостей, хранение груза и т.п.) и негативные последствия (увеличение времени нахождения груза в стыковом пункте, снижение уровня сохранности груза и т.п.) полностью компенсируются за счёт:

- минимизации дорогостоящих простоев подвижного состава, вызванных неравномерностью поступления и разницей в грузоподъёмности транспортных средств;
- обеспечения возможности сортировки и комплектации груза под особенности вида транспорта, на который он передаётся.

Библиографический список

1. Взаимодействие видов транспорта: учебное пособие / П.К. Рыбин, О.П. Кизляк, М.В. Четчуев. – Санкт-Петербург: ФГБОУ ВО ПГУПС. – Ч. 1. – 2016. – 47 с.
2. Маликов О.Б. Склады и грузовые терминалы: Справочник. СПб.: Издательский дом «Бизнес-пресса», 2005. – 560 с.
3. Правдин Н.В., Негрей В.Я., Подкопаев В.А. Взаимодействие различных видов транспорта: (примеры и расчёты) / Под ред. Н.В. Правдина. – М.: Транспорт, 1989. – 208 с.

УДК 339.9

ТРАНСПОРТНЫЕ КОРРИДОРЫ

Матюшенко Е.С.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I» (Санкт-Петербург)

Транспорт играет важнейшую роль в экономике, связывая как потребителей с производителями, так и различные элементы системы производства. В России

отмечается ряд системных недостатков транспорта, включая низкое качество базовой услуги транспортировки, слабое развитие транспортной инфраструктуры, таможенные, тарифные и нормативно-правовые барьеры на границах, а также недостаточный масштаб бизнеса логистических компаний. Недостаточно эффективная транспортно-логистическая система представляет собой один из ключевых факторов, сдерживающих развитие российской экономики, и в результате в рейтинге Всемирного банка по показателю «качество логистики» Россия получила скромный балл 2,74 из 5 возможных [8].

Важнейшая объективная причина сложности, но одновременно и важности развития транспорта в России заключается в огромном размере территории России и в северном положении страны. Логистика в России всегда была и будет связана с большими расходами, и, следовательно, будет менее эффективной, чем, например, в Европе, где расстояния между узлами коммуникаций в десятки раз меньше, чем в России, или чем в США, где основная часть территории расположена в субтропической зоне и отсутствуют такие факторы, как морозы и тем более вечная мерзлота.

Строительство коммуникаций в России неизбежно всегда было и будет сложнее и дороже, чем во всех других странах мира, где либо территория меньше, либо климат благоприятней, а чаще всего – и то, и другое. Это вполне объективный фактор, который нельзя не учитывать, напротив, его надо обязательно принимать в расчет и при теоретическом экономическом анализе, и тем более при практической экономической деятельности.

Сильнейший удар по транспортной системе России нанес распад СССР, в результате которого за границами оказалась значительная часть транспортных инфраструктурных объектов, входивших ранее в входящие в единую транспортную систему государства, тогда как в Европе в те же самые годы, наоборот, была начата работа по институционализации развития транспортной сети, и Первая Паневропейская транспортная конференция в Праге в 1991 году заложила основы новой единой европейской транспортной политики. Немного позднее, в 1994 году, на Второй Общевропейской конференции по транспорту, проходившей на Крите, были намечены девять основных транспортных коридоров, три из которых заходили на территорию Российской Федерации (это следующие коридоры: 1) Хельсинки – Варшава; 2) Берлин – Москва; 3) Берлин – Киев; 4) Дрезден – Стамбул; 5) Триест – Братислава; 6) Гданьск – Жилина; 7) Германия – Молдавия; 8) Дуррес – Варна; 9) Хельсинки – Одесса [10]. В 1997 году в Хельсинки на Третьей Паневропейской конференции количество коридоров было увеличено до десяти.

Итак, как видно из сказанного, для системы организации транспорта в последние десятилетия время все более актуальным становится понятие транспортного коридора. Метафора, заложенная в основу этого термина, вполне прозрачна – коридор – это сравнительно узкий и длинный проход внутри строения, по которому направляется движение людей; соответственно транспортный коридор – сравнительно узкий и длинный участок территории, по которому направляется движение транспорта, или, выражаясь языком логистики, движение материальных потоков при помощи разных видов транспорта. Формирование транспортных коридоров определяется, естественно, двумя важнейшими факторами – экономическим и географическим. Экономический фактор определяет наличие товаров, которые надо перевозить, географический фактор оказывает влияние на возможность создания транспортных линий определенного вида в том или ином месте и в том или ином направлении. В современных условиях, например, ни горы, ни моря не являются непреодолимыми препятствиями для создания железных дорог (горы преодолеваются с помощью мостов и туннелей, моря – с помощью паромов), но тем не менее такие способы достаточно дороги при

строительстве и эксплуатации, и в большинстве случаев экономически более целесообразно прокладывать железнодорожные линии вокруг гор и морей. Собственно, первые в истории транспортные коридоры формировались в тех местах, где различные пешеходные, выючные или гужевые транспортные пути сходились в узких местах, на перевалах между горными массивами или на перешейках между морями и т.д.

В современном понимании понятие транспортного коридора стало фактически междисциплинарным и широко распространенным, этот термин используется как в теории и практике транспорта и логистики, так и в экономической науке в целом, а также в истории, политических науках и т.д. В настоящее время понятие транспортного коридора вытесняет ранее использовавшееся в сходном смысле понятие транспортных путей, прежде всего потому, что понятие транспортного пути предполагает, что речь идет о пути для какого-то конкретного вида транспорта (железнодорожного, автомобильного, морского или речного, а также трубопроводного и отчасти воздушного транспорта (хотя авиация принципиально не связана наземными коридорами, но вслед за формированием наземных транспортных коридоров по маршрутам этих транспортных коридоров логично и неизбежно происходит и интенсификация авиационных перевозок)). Несмотря на широкое применение термина «транспортный коридор» со второй половины прошлого века, можно заметить, что этот термин примерно до 2000 года отсутствовал в отечественных словарях, так, его нет в Словаре терминов рыночной экономики 1993 года [2], в Русско-английском полном юридическом словаре того же года [2] и Российской юридической энциклопедии 1999 года [11].

Хотя еще в 2003 году известный полярник М. Курносков назвал Северный морской путь российским транспортным коридором [7], но и через несколько лет в авторитетном труде профессора А.А. Чеботаева [5] понятие «международный транспортный коридор» используется только в «международном» значении, для внутренней российской экономики этот автор использует традиционную терминологию «магистральные пути» и «транспортные сети». Это свидетельствует, что в академической науке термин был принят (заимствован из европейских языков, где широко применялся и ранее) после некоторого сопротивления только в начале текущего столетия, хотя практики уже приняли этот термин раньше теоретиков. Это вполне закономерный процесс, появление нового феномена (а транспортные коридоры реально появились) требует присвоения ему своего названия, и очень часто в подобных случаях заимствуется иностранный термин, если он уже существует ко времени осознания необходимости введения нового термина.

В российском законодательстве понятие «транспортный коридор» не имеет общепринятой формальной дефиниции, но определение понятия «международный транспортный коридор» как «совокупности магистральных транспортных коммуникаций (как имеющихся, так и вновь создаваемых) связывающих стороны, с соответствующим обустройством, как правило, различных видов транспорта, обеспечивающих перевозки пассажиров и товаров в международном сообщении, на направлении их наибольшей концентрации» раскрывается в Соглашении о международном транспортном коридоре «Север – Юг», подписанном в 2000 году и утвержденном федеральным законом в 2002 году [1].

В настоящее время уже имеется достаточно существенное число работ, имеющих своими темами международные транспортные коридоры, чаще всего это исследования в сфере логистики, и сложно не согласиться с мнением А.М. Гаджинского, что транспортный коридор – это часть национальной или международной транспортной системы, которая обеспечивает значительные грузовые перевозки между отдельными географическими районами [4]. Сегодня понятие «транспортный коридор» часто

трактуются как воздушный, наземный или морской путь для движения по определенному маршруту [10], что несколько сомнительно, так как для воздушного пути, морского пути или наземного пути самого термина «путь» (с вариациями типа «маршрут», «трасса», «линия» и т.д.) совершенно достаточно. Понятие транспортного коридора возникает именно потому, что речь идет о транспорте в целом, об объединении в одном понятии разных видов транспорта, и о комплексе путей (маршрутов, трасс, линий), проходящих параллельно по одной территории в одном направлении. Хотя, например, в работе 2014 года [9] предложена схема классификации транспортных коридоров на основе общих принципов теории транспортных систем. И согласно предложенной классификации, все транспортные коридоры можно разделить, в частности, по видам транспорта – на железнодорожные, морские, речные, воздушные, автомобильные и универсальные. Представляется, однако, что это несколько устаревший подход, именно транспортными коридорами называть более уместно то, что в классификации М.А. Манукяна названы универсальными коридорами, то есть транспортными направлениями, на которых используются разные виды транспорта. И, безусловно, понятие «транспортный коридор» шире, чем не менее известный термин «транзитный коридор», так как по транспортному коридору перевозятся далеко не только транзитные грузы [6].

С другой стороны, и термин «транспортный коридор», в свою очередь, отчасти уже перестает удовлетворять текущим требованиям. В документах ЕС отмечается переход от понятия «транспортный коридор» к понятию «транспортная ось», часто используется логистический термин «мультимодальный маршрут» [12].

Также появилось понятие *core network corridors*, что переводится как «базовый (или основной, или коренной, или магистральный и т.д.) коридор (транспортной) сети». Для того, чтобы пояснить суть этого понятия, поясним на примере. В ЕС в настоящее время идет формирование девяти основных транспортных коридоров (ныне называемых *core network corridors*), имеющих целью устранение физических, технических, операционных и административных узких мест и оптимизировать расходование финансовых ресурсов на транспортные цели. Нынешний план одобрен в июне 2015 года, и должен быть реализован до 2030 года.

Девять основных транспортных коридоров, согласно [13], следующие:

1. Скандинавско-Средиземноморский коридор. Это основная ось Север – Юг европейской экономики. Пересекает Балтийское море из Финляндии в Швецию, проходит через Германию, Альпы и Италию, через Сицилию до Мальты.

2. Североморско-Балтийский коридор связывает порты восточной части Балтийского моря с портами Северного моря. Этот коридор соединяет Финляндию с Эстонией через паромы, далее современные шоссейные и железные дороги соединяют три страны Прибалтики с Польшей, Германией, Нидерландами и Бельгией. В состав коридора входят ряд внутренних водных путей, включая Миттелланд-канал. Важной частью этого коридора является «Балтийский рельс» (*Rail Baltic*), образцовая по европейским стандартам железная дорога от Таллина через Ригу и Каунас в северо-восточную часть Польши.

3. Североморско-Средиземноморский коридор, от Ирландии через северную часть Великобритании к Нидерландам, Бельгии и Люксембургу, и далее через всю Францию на средиземноморское побережье Франции. Это мультимодальный коридор, включающий внутренние водные пути Бенилюкса и Франции, водные пути и речные порты в бассейнах Мааса, Рейна, Шельды, Сены, Соны и Роны, морские порты Северного моря и Средиземного моря (Фос-сюр-мер и Марсель), одной из задач этого коридора является улучшение транспортных связей Британских островов с континентальной Европой.

4. Балтийско-Адриатический коридор, одна из важнейших для Европы автомобильных и железнодорожных осей. Соединяет Балтийское и Адриатическое моря, через индустриальные районы южной Польши (Верхняя Силезия), Вены и Братиславы, Восточно-альпийского региона и северной Италии. Включает в себя следующие железнодорожные проекты: туннель Семмеринг, железная дорога Коралм в Австрии, и модернизация трансграничных дорог в районе соединения территорий Польши, Чехии и Словакии.

5. Восточно-Восточномедиземноморский коридор соединяет побережья Северного, Балтийского, Черного и Средиземного морей, имеет целью оптимизировать использование портов на этих морях и соединяющих эти порты автомобильных дорог, с включением Эльбы в качестве внутреннего водного пути. Обеспечит мультимодальную связь между Северной Германией, Чешской Республикой, регионом Паннонии и Южной Европой. По морю этот коридор дотянется через Грецию до Кипра.

6. Рейнско-Альпийский коридор – один из самых напряженных грузовых коридоров в Европе, соединяют порты Северного моря (включая Роттердам и Антверпен) с бассейном Средиземного моря в районе Генуя через Швейцарию, через ряд важнейших экономических центров в Рейн-Руре, Рейн-Майн-Некар и Миланскую агломерацию в Северной Италии. Этот коридор использует Рейн в качестве внутреннего водного пути. Важной частью этого коридора являются железнодорожные и автомобильные туннели в Швейцарии, уже частично построенные.

7. Атлантический коридор, соединяет порты западной части Иберийского полуострова через порты Гавр и Руан, далее через Париж с регионом Мангейма-Страсбурга. Этот коридор включает высокоскоростные железные дороги и параллельные им обычные железные дороги. Сена используется в качестве внутреннего водного пути.

8. Рейнско-Дунайский коридор, главным элементами которого являются реки Майн и Дунай, соединяет районы Страсбурга и Франкфурта с Мюнхеном, Прагой, Веной, Братиславой, Будапештом и, в итоге, с Черным морем.

9. Средиземноморский коридор соединяет Иберийский полуостров с венгерско-украинской границей. Идет вдоль испанского и французского побережья Средиземного моря, через Северную Италию, Словению и Хорватию к Венгрии. В некоторой степени используются река По и некоторые каналы в Северной Италии в качестве внутренних водных путей, но в основном этот коридор построен на основе автомобильного и железнодорожного транспорта. Основные железнодорожные проекты в рамках этого коридора – линии Лион-Турин и Венеция-Любляна.

Разнообразие, семантическое пересечение и изменчивость терминологии часто затрудняет понимание. Отмечая очевидную множественность трактовок понятия «транспортный коридор» и сходных по смыслу понятий, все же вполне возможно выявить общие признаки, определяющие транспортный коридор. Это: 1) географическая область, объединенная общим направлением транспортировки грузов (товаров) и пассажиров, соединяющая места производства и потребления; 2) географическая область, объединенная логистически для обеспечения эффективного перемещения товаров (грузов) и (или) пассажиров на основе современных способов транспортировки; 3) совокупность различных инфраструктурных объектов, объединенных целью обеспечения организации транспортного процесса.

Такие характеристики как длина коридора и его ширина не являются его определяющими признаками, но, несомненно, что они должны быть достаточно значительными. Также для квалификации транспортного коридора неприменимы

понятия «происхождение грузов» и «предназначение грузов», так как эти понятия связаны с понятиями начала и окончания коридора и предполагают, что коридор работает только между этими двумя точками, что неверно, так как реальные грузопотоки могут начинаться и заканчиваться где угодно вне самого коридора либо в пределах самого коридора. К характеристикам коридора можно отнести такие параметры, как его пропускная и провозная способность, технические особенности транспортных коммуникаций, составляющих коридор; способы контроля за движением транспортных средств в коридоре и т.д.

Существенной институциональной проблемой в деле управления транспортными коридорами, по крайней мере, в пределах нашей страны, является ведомственная раздробленность управления транспортом в целом. В транспортном коридоре работают разные виды транспорта, но при этом управление морским, речным, железнодорожным и воздушным транспортом есть прерогатива федеральных властей, тогда как управление автомобильным транспортом есть прерогатива властей субъектов федерации и муниципальных образований. Соответственно при пересечении коридором границы другого субъекта федерации могут возникнуть проблемы в организации автомобильного транспорта и взаимодействия его с другими видами транспорта. Без единого органа управления транспортным коридором он распадается на ряд фрагментов, из которых сложно создать единую систему.

В качестве общих выводов из всего сказанного выше можно предложить следующие формулировки. В последние годы в Российской Федерации в теории и практике экономики и особенно в сфере транспорта вошел в широкое обращение термин «транспортный коридор», большое влияние на формирование которого оказывает международный терминологический аппарат, имеющий важное прикладное значение. Вместе с тем, российское понятие «транспортный коридор» не имеет законодательного закрепления, что оказывает отрицательное воздействие на его идентификацию, классификацию, финансирование и управление. В целом транспортный коридор представляет собой совокупность всех видов транспорта и их инфраструктур, функционирующих согласованно в определенной географической области и обеспечивающих эффективные перевозки грузов и пассажиров на отдельных направлениях.

УДК 339.9

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ПОРТА ЗАРУБИНО КАК ЧАСТИ МЕЖДУНАРОДНОГО ТРАНСПОРТНОГО КОРИДОРА «ПРИМОРЬЕ-2» И МОДЕРНИЗАЦИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ПОДХОДОВ К НЕМУ

Малышев Н.В.

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Петербургский государственный университет путей сообщения
Императора Александра I» (Санкт-Петербург)*

Введение

Дальний Восток России занимает особое как географическое, так и геополитическое положение, что в будущем будет только увеличивать роль транспортной инфраструктуры на территории региона. Для раскрытия транзитного потенциала Приморского края были разработаны проекты международных транспортных коридоров «Приморье-1» и «Приморье-2». Коридор «Приморье-1» связывает китайский Харбин, столицу

провинции Хэйлунцзян, с российским портом Владивосток. «Приморье-2» представляет собой маршрут от китайского города Хуньчунь находящегося недалеко от границы с Россией до российских портов Посыет и Зарубино. Порт Зарубино находится в юго-западной части Приморского края, на берегу бухты Троицы. Удобное положение порта в бухте, отсутствие выхода к морю у поднебесной в этом регионе и минимальное расстояние до государственной границы с КНР (пункт пропуска Хуньчунь – Махалино) – 70 км, дает преимущество перед Владивостоком и рядом Китайских портов.

Благодаря строительству прямой железнодорожной ветки, соединяющей Зарубино и город Хуньчунь, порт может стать «морскими воротами» для северо-востока Китая.

1. Порт Зарубино состояние и перспективы

Единственным действующим портом на данный момент в поселке Зарубино является круглогодичный универсальный перегрузочный комплекс ООО «Морской Порт в Бухте Троицы» с пропускной способностью 1,2 млн тонн грузов в год. Для хранения груза на терминале предусмотрены холодильный комплекс для хранения 12 тыс. тонн рыбной продукции, площадка для хранения автомобилей и спецтехники на 9 тыс. м² и 7,6 га открытых складских площадей. Основные грузы на данный момент – мороженая рыбная продукция, контейнеры, алюминий, пиломатериалы и другие генеральные грузы [5].

Для развития потенциала порта было подписано постановление Правительства РФ № 732, дающее возможность при перевозках контейнеров по международным транспортным коридорам «Приморье-1» и «Приморье-2» проводить таможенные операции по прибытии в морской порт, тем самым ускорив доставку контейнеров с более чем суток до 5 часов [1].

Подписанное вскоре ООО «Морской Порт в Бухте Троицы» соглашение с международной логистической корпорацией «Чанциту» (КНР), для реализации программы модернизации и реконструкции контейнерных причалов позволит осуществить идею транзита китайских грузов через российские порты.

При этом для эффективной работы на морской порт Зарубино уже распространяется режим «свободного порта», дающий преференции резидентам.

Но это не единственный проект в бухте Троицы, 28 августа 2017 года председатель Правительства РФ Дмитрий Медведев подписал распоряжение №1840-р, которым утвердил решение о расширении морского порта Зарубино [2]. В порту планируется построить грузовой терминал для перегрузки зерна проектной мощностью 33,5 млн тонн в год. По замыслу терминал будет иметь пять причалов, склад, железнодорожные и автомобильные подъездные пути, а так же систему конвейеров. Сначала запланировано строительство причала для контейнеровозов, силосного парка для хранения объемом до 220 тыс. тонн, фронтов разгрузки и погрузки. К 2023 году ожидается сооружение еще одного причала и постройка силосного парка, это увеличит объемы перевалки груза в 2 раза.

Для того, что бы понять, почему развитие порта и обеспечение эффективного железнодорожного подхода стратегически важно, обратимся к статистике стран находящихся в пределах 2000 км.

На рис. 1 представлен ВВП в текущих ценах (по данным Всемирного банка) Российской Федерации, Южной Кореи, Японии и Китая [6].

Несмотря на сильное падение ВВП в России, незначительный рост в Южной Корее, общий внутренний валовой продукт всех стран за 2016 год превышает 18,8 триллиона долларов. Основная часть этой суммы ВВП Китая, при этом надо заметить, что локомотивом экономики поднебесной являются именно северо-восточные районы находящаяся в непосредственной близости к порту Зарубино. Отсутствие выхода к мо-

рю у этих промышленных центров даёт уверенность в развитии транзитного потенциала порта.

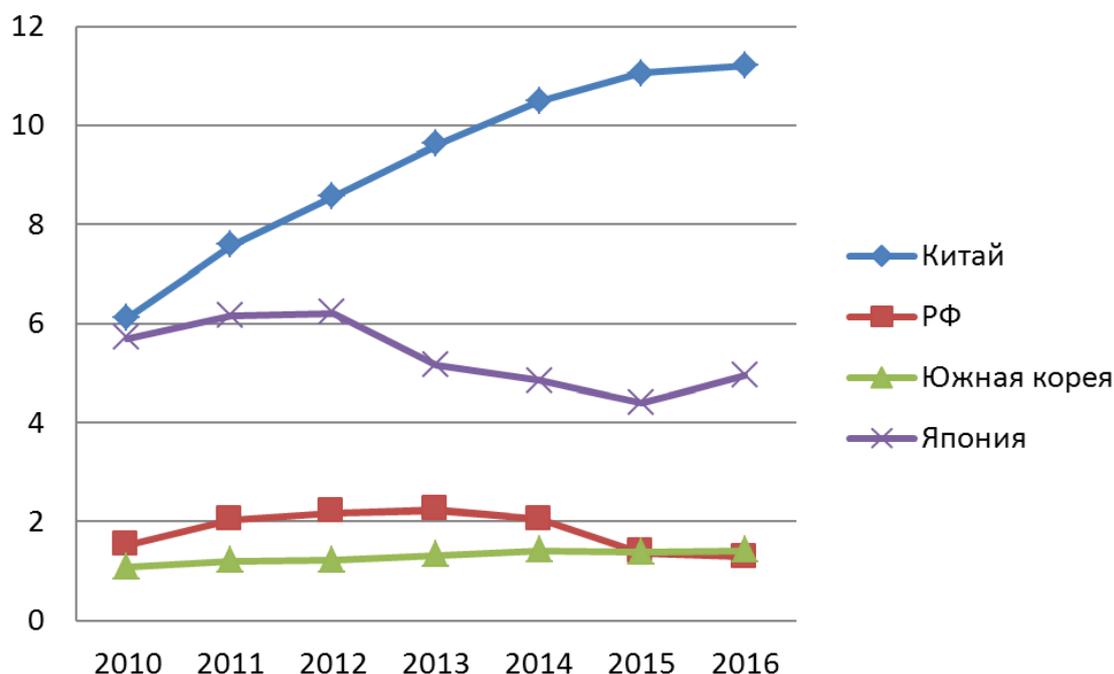


Рис. 1. Динамика объема ВВП в текущих ценах, трлн долл США (по данным Всемирного банка)

Анализ экспорта этих стран, так же по данным Всемирного банка представлен на рис. 2 [6]. Он показывает отрицательную динамику экспорта в последние три года, однако эти три страны составляют более 18.5% мирового экспорта. Что говорит о необходимости создания с ними международного транспортного коридора и стабильности потребностей в перевозке через Приморский край в целом и порт Зарубино в частности.

2. Железнодорожная инфраструктура международного транспортного коридора «Приморье-2»

При развитии международного транспортного коридора «Приморье-2» маршрутом транзита из Китая в российский порт Зарубино по железной дороге может стать существующий Хунчунь (Китай) – Камышовая – Махалино – Гвоздево – Гладкий – Сухановка – порт Зарубино и предлагаемый Хунчунь (Китай) – Камышовая – Махалино – Гвоздево – Гладкий – Зарубино – порт Зарубино (см. рис. 3).

Как мы видим из анализа перспективы развития железнодорожной инфраструктуры по данным из табл. 1 наиболее узким местом является пограничный переход Хунчунь – Махалино, даже с учётом заложенной реконструкции переход не справится с перспективным грузопотоком [4].

С целью реализации проекта коридора, необходимая реконструкция железнодорожной линии Хунчунь (Китай) – Камышовая – Махалино – порт Зарубино, по планам руководства ОАО «РЖД» строительство будет произведено только к 2030 году, дорога будет обладать провозной способностью 20 млн тонн, при этом действующая железная дорога рассчитана, на доставку к порту всего до 7 млн тонн в год. Вместе с реконструкцией логично проложить 3 рельс китайской «международной» колеи 1435 мм от Хунчунь до порта Зарубино, общая длина пути по территории Российской Федерации составит примерно 100 км [3].

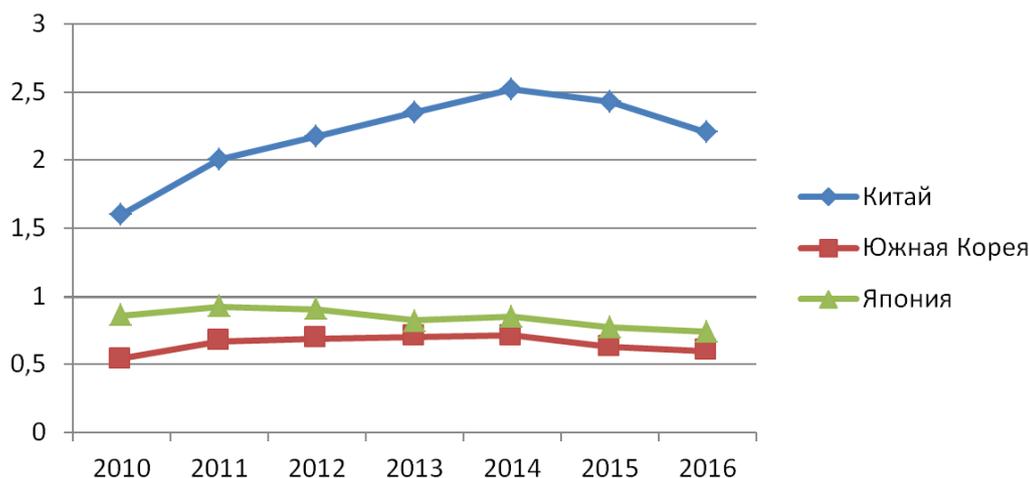


Рис. 2. Динамика объема экспорта в текущих ценах, трлн долл США (по данным Всемирного банка)

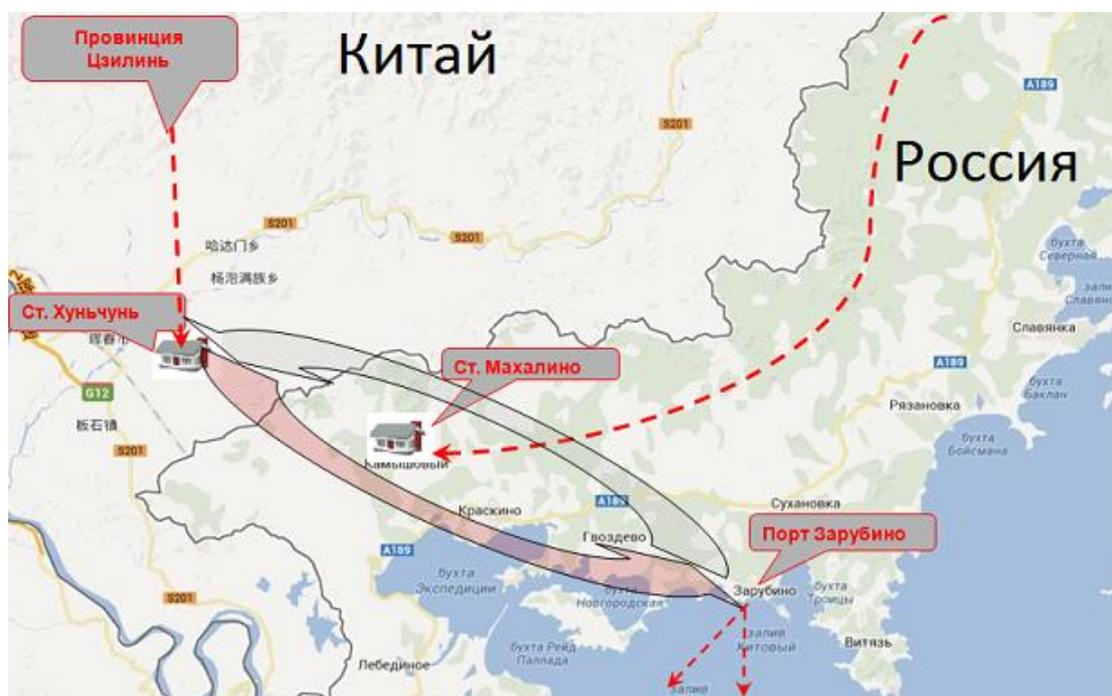


Рис. 3. Международный транспортный коридор «Приморье-2»

Данное техническое решение позволит вместо строительства сложной и дорогостоящей перегрузочной железнодорожной станции, эксплуатировать простую приграничную станцию. Сейчас провозная способность пограничного перехода Маخالино – Хуньчунь равняется 3 млн тонн в год и по проектам ОАО «РЖД» увеличиться на 8 млн тонн через 8 лет, при нарастающих объемах перевозок, станция не справится с заявленными объемами транзита в 40 млн тонн к 2030 году.

При этом важно отметить, наличие совмещенной колеи позволит избежать крупных капитальных вложений в приграничную станцию в будущем, так как узкое место на границе будет расшито.

Вторым предложенным железнодорожным проектом является строительство новой припортовой станции Зарубино. Ближайшая действующая железнодорожная стан-

ция Сухановка находится в 11 км от порта и подъездные пути не электрифицированы. Из-за не развитости инфраструктуры, принимать она может поезда длиной 57 условных вагонов и весовой нормой 3400 тонн. На примере развития припортовых станций и походов к ним, с учётом значительного увеличения грузооборота железнодорожная линия и отдельные пункты должны быть спроектированы с возможностью работы с поездами длиной 71 условный вагон и весовой нормой минимум 6000 тонн.

Таблица 1

**Провозная способность железнодорожных объектов
международного транспортного коридора**

Объект инфраструктуры		Провозная способность объекта, млн тонн							
		2017		2020		2025		2030	
		Наличная	Потребная	Наличная	Потребная	Наличная	Потребная	Наличная	Потребная
Существующий вариант	Пограничный переход Хуньчунь – Махалино	3	2	5	17	11	38	11	45
	Перегоны от Махалино до Сухановки	7	5	10	17	15	38	20	45
	Станция Сухановка	7	5	10	17	15	38	20	45
	Подъездной путь от Сухановки до Зарубино	1,2	0,5	5	17	10	38	10	45
Предлагаемый вариант	Пограничный переход Хуньчунь – Махалино	3	2	15	17	35	38	45	45
	Перегоны от Махалино до жд станции Зарубино	–	–	15	17	35	38	45	45
	Станция Зарубино	–	–	15	17	35	38	45	45

Затраты на железнодорожную инфраструктуру для эффективной работы порта Зарубино будут большими и без желания ОАО «РЖД» участвовать в международном транспортном коридоре «Приморье-2», инвесторы порта Зарубино обречены на провал.

При этом существует реальная возможность прихода крупных китайских инвестиций в проект и захвата иностранцами управления в нём.

Вследствие этого, возникнет ситуация не только экономической, но и социальной экспансии региона. Очевидно, что при должном развитии в скором времени морской порт Зарубино займёт важное место в транспортной системе Азиатско-Тихоокеанского региона.

Вывод

В выводе хотелось бы заметить, что согласованное взаимодействие федеральных и местных властей, владельцев инфраструктуры и инвесторов, является обязательным для развития транспортной системы страны.

Через понимание нужд соседних стран и реализацию этих потребностей нашими транзитными возможностями, произойдёт интеграция национальной транспортной системы в мировую. Реализация проекта международного транспортного коридора «Приморье-2» послужит катализатором для развития экономики Дальнего Востока России, даст толчок перевозкам внутри страны, раскроет экспортные возможности Приморья и поможет урегулировать социальные проблемы Дальнего Востока.

Библиографический список

1. Постановление Правительства Российской Федерации от 22 июня 2017 г. № 732 «Об определении пунктов пропуска через государственную границу Российской Федерации, расположенных в Приморском крае, для прибытия в Российскую Федерацию отдельной категории товаров, ввозимых с территории Китайской Народной Республики» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://government.ru/docs/all/112070>.
2. Распоряжение правительства РФ от 28 августа 2017 г. № 1840-р [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://government.consultant.ru/documents/3719965>.
3. Реконструкция Хасанского направления ДВЖД предполагает двукратное увеличение грузопотока [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.gudok.ru/infrastructure/?ID=1333736&phrase=0>.
4. Стратегия социально-экономического развития Приморского края до 2025 года [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://primorsky.ru/authorities/executive-agencies/departments/economics/development/strategy/pk-25.php>.
5. Технические характеристики порта ООО «Морской Порт в Бухте Троицы» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.seaport-troitsa.ru/about-us>.
6. The World Bank Indicators [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://data.worldbank.org/indicator>.

УДК 339.9

ЕВРАЗИЙСКИЙ ТРАНСПОРТНЫЙ КОРИДОР ПО ТЕРРИТОРИИ ДВУХ СТРАН: РОССИИ И КИТАЯ

Тарасов П.И.¹, Хазин М.Л.², Голубев О.В.³

¹ *Общество с ограниченной ответственностью «Перспектива-М» (Екатеринбург)*

² *Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уральский государственный горный университет» (Екатеринбург)*

³ *Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уральский государственный университет путей сообщения» (Екатеринбург)*

Сегодня страны Азиатско-тихоокеанского региона представляют собой мировую фабрику, на долю которой приходится более 70 % мирового экспорта продукции.

Россия расположена около этой фабрики, что позволяет ей играть роль геополитического центра между Западом и Востоком. Доля транзита, проходящего через территорию России, составляет всего лишь 5-6%. Важнейшим видом сухопутного транспорта в существующих и развиваемых международных коридорах – железнодорожный, в связи с этим создана «Комплексная программа развития контейнерных перевозок на Российских железных дорогах» [1].

С целью предотвращения возможных политических и экономических манипуляций (санкции одних государств по отношению к другим) стратегически значимые транспортные коридоры должны проходить по территориям как можно меньшего количества государств. А борьба за транзитную прибыль может существенно повысить стоимость перевозки грузов.

Важным моментом также является и выбор территории, по которой должен пройти транспортный коридор. Авторы считают, что одними из основных факторов, которые влияют на данный выбор, являются: доступность строительного материала; сырьевой потенциал.

В настоящее время в Западной Якутии расположены отвалы пустых пород алмазодобывающей промышленности. Добыча алмазосодержащей руды в данном регионе началась уже с середины прошлого столетия. За это время накоплены существенные объемы (более 1 млрд м³, а в перспективе до 2 млрд м³) пустой породы из карьеров алмазодобывающей промышленности [2]. Пустая порода может быть использована в качестве материала при строительстве транспортных магистралей.

Якутия является уникальной территорией по разнообразию, количеству и качеству полезных ископаемых. Здесь официально зарегистрировано 1823 месторождения 58 видов минерального сырья [3].

На рис. 1 представлен маршрут доставки грузов из Китая в Европу, составной частью которого является Якутский транспортный коридор (участок транспортной магистрали, проходящий по территории Якутии и существующим железным дорогам Российской Федерации).

Необходимо отметить, что подключение в рассматриваемый транспортный коридор на первом этапе Западной Якутии, а в последующем и всей республики Саха, может повысить на 80-100 млн тонн в год грузооборот, тем самым обеспечить практически круглогодичный режим работы части Северного морского пути. А загрузка Северного морского пути на ближайшие десятилетия особенно актуальна.

Данный объем грузооборота будет достигаться не только за счет транзитного объема грузов, но и путем добычи полезных ископаемых в Якутии.

Предлагаемый маршрут доставки грузов из Поднебесной в Европу по количественным параметрам сопоставим, с представленными к реализации на сегодняшний день транспортными коридорами.

В табл. 1 представлены данные по дальности и времени перемещения грузов с учетом прохода маршрута по территории Западной Якутии.

При этом транзитное время на перевозку грузов между Китаем и Западной Европой (по существующим транспортным коридорам) по видам транспорта составляет: 28 дней – морской; 19 дней – автомобильный; 36 – железнодорожный; 5 дней – воздушный [4].

Как видно из представленных данных, предлагаемый маршрут доставки грузов имеет определенное преимущество, в том числе по сравнению с новым шелковым путем, срок доставки по которому железнодорожным транспортным составляет 21 день, а протяженность 11178,5 км [5].

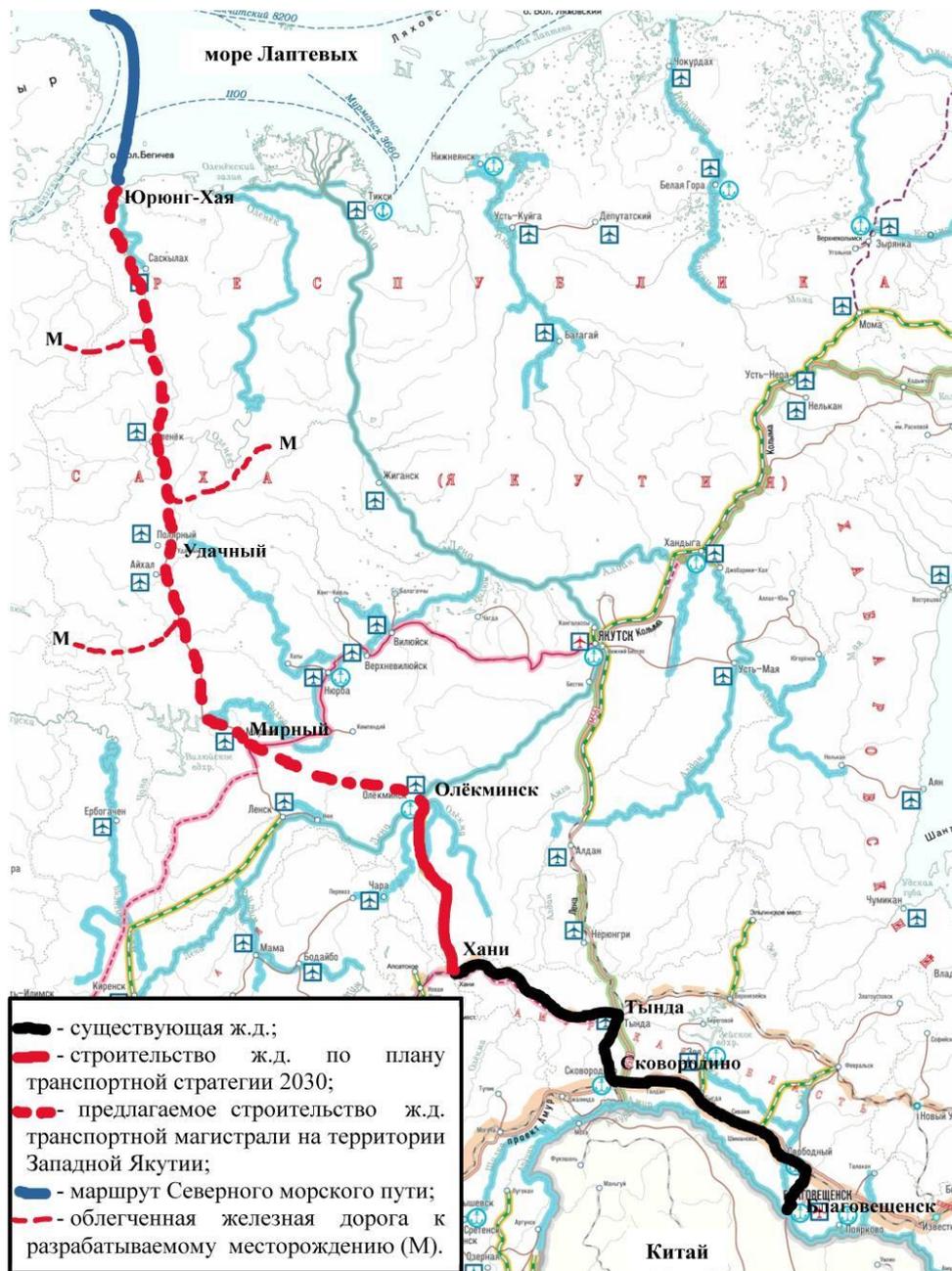


Рис. 1. Схема транспортного коридора через Западную Якутию

Строительство железной дороги из Юрюнг-Хая в порт Диксон позволит использовать Северный морской путь круглый год. При этом срок доставки грузов из Благовещенска в Лондон составит 10,3 суток, а расстояние, преодолеваемое по суше и морю будет практически равно.

При присоединении к магистрали Норильского комбината и доставки грузов через порт Дудинка срок доставки грузов из Благовещенска в Лондон составит 11 суток.

С целью сокращения времени доставки грузов возможна организация проезда железнодорожного транспорта из Китая по территории России с сохранением стандарта ширины колеи, используемой в Поднебесной. Технические решения есть: устройство дополнительного рельса в колее или же укладка отдельного железнодорожного пути с колеей 1435 мм на совмещенном земляном полотне. Для России это не первый опыт [6].

Длительность перемещения груза по предлагаемому маршруту*

Участок пути	Протяженность, км	Время в пути, суток
Благовещенск – Хани	1367	1,2
Хани – Юрюнг-Хая	2408	2,2 (1)**
Юрюнг-Хая – Мурманск	3200 (морем)	4,7
Мурманск – Лондон	3100 (морем)	4,6
Всего	10075	12,7 (11,6)**

* – без учета времени на смену модальности в Юрюнг-Хая;

** – в скобках указано время в пути с учетом строительства железнодорожной линии сразу под заданную скорость – 100 км/час для контейнерных перевозок.

Сырьевая база Якутии должна осваиваться с применением современных технологий. Основную магистраль, кроме транзитных грузов должны загрузить объемы месторождений, разрабатываемых в регионе.

Для доставки грузов между основной магистралью и месторождением, авторы предлагают использовать специализированные транспортные средства и магистрали. Специализированные транспортные средства и некоторые типы конструкций транспортных магистралей приведены в работах 7, 8, 9, 10.

С целью привлечения финансово-промышленных групп в регион для освоения месторождений должна быть организовано частно-государственная компания, целью которой будет строительство, предоставление в аренду, текущее содержание и демонтаж (после полного освоения месторождения) транспортных магистралей. В первую очередь речь идет об освоении незначительных по объему месторождений. Конструкция транспортных магистралей должна быть сборно-разборной, надежной при работе в условиях Арктики и приарктических территорий, ремонтнопригодной, технологичной при укладке и экологичной.

Должны быть разработаны специальные технические условия для проектирования и строительства таких транспортных магистралей с облегченной конструкцией.

Пример одной из конструкций облегченной железной дороги для перемещения по ней транспортных средств [9] представлен на рис. 2.

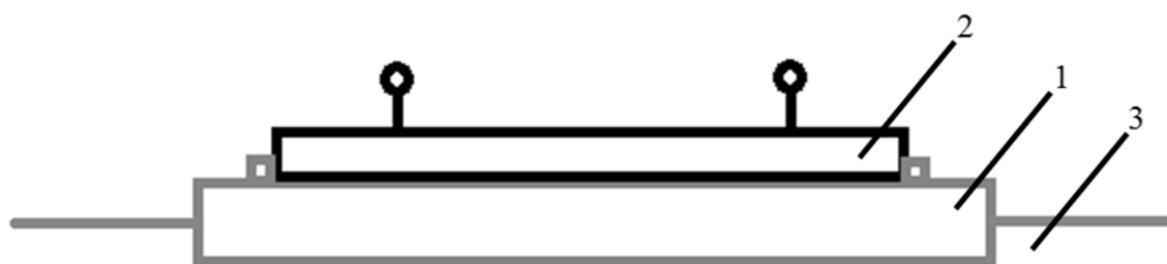


Рис. 2. Конструкция облегченной железной дороги:
1 – полый понтон из полимерного материала; 2 – рельсошпальная решетка; 3 – слабое основание

С целью сохранения экологической обстановки в Якутии необходимо в первую очередь использовать транспортные средства с энергосиловой установкой, работающей на электричестве и газе.

Это особенно актуально имея ввиду энергетический потенциал Якутии (72,4 ГВт) и использование СПГ (сжиженный природный газ), доставка которого возможна после строительства завода в рамках проекта «Ямал СПГ».

Многие отрасли промышленности заканчивают производство и испытание соответствующих силовых установок. Так создан российский опытный газотурбовоз – ГТ1h-002, предназначенный для эксплуатации на неэлектрифицированных участках железных дорог [5].

Интенсивное движение по территории Якутии транзитных грузопотоков будет стимулировать развитие не только экономики региона, но и страны в целом, с учетом взвешенного стратегического планирования развития транспортных коридоров [12].

Библиографический список

1. Евразийский транспортный коридор / [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://sts-eurasia.ru/gk-slavtrans-servis/evrazijskij-transportnyj-koridor>.
2. Тарасов П.И., Фефелов Е.В., Тарасов А.П., Зырянов И.В. Перспективы использования вскрышных пород алмазонасных месторождений западной Якутии для развития комплексной сети дорог // Горная Промышленность. – 2016. – №1 (125). – С. 2-4.
3. Месторождения Якутии / [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Месторождения_Якутии.
4. Условия перевозок по Китаю / [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://transler.ru/content/megdunarodnii_perevozki/chn#%F2%F0%E0%ED%F1%EF%EE%F0%F2%ED%FB%E5%20%F0%E0%F1%F5%EE%E4%FB.
5. По российским дорогам помчатся невиданные поезда / [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.ridus.ru/news/196694.html>.
6. РФ переходит на колею КНР [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.ng.ru/economics/2016-04-25/1_knr.html.
7. Захаров В.Н., Зырянов И.В., Хазин М.Л., Галкин В.И. и др. Перспективные транспортные системы для развития Арктических и Северных территорий РФ // Горная Промышленность. – 2016. – №4 (128). – С. 52-56.
8. Тарасов П.И. Обоснования перспективных видов транспорта для освоения арктической и северных территорий России // Горная промышленность. – 2015. – №6. – С. 61-63;
9. Транспортное средство на воздушной подушке // Патент России № 2518961. 2014. Бюл. № 16. / Рябцев Г.И.
10. Монорельсовая транспортная система // Заявка №2016117307/11(027175), приоритет от 04.05.2016 / Костенюк К.В.
11. Новый шелковый путь / [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://chinalogist.ru/book/infographics/perevody/novyy-shelkovyy-put>.
12. Тарасов П.И., Журавская М.А., Голубев О.В. Развитие мультимодальных транспортных коридоров на арктических и северных территориях РФ (на примере Республики Саха (Якутия)) // Горная Промышленность. 2017. – №2 (132). – С. 40-43.

УДК: 658.235

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО РАСПОЛОЖЕНИЯ ЗАГОТОВИТЕЛЬНОГО ЦЕНТРА С ЦЕЛЮ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ КОМПАНИИ

Ряполова А.В., Кобозева Н.Г.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I» (Санкт-Петербург)

Складская логистика охватывает весь спектр технологических, управленческих и других вопросов, обеспечивающих выполнение требований клиентов при условии эффективного функционирования складского предприятия и усилении его рыночных по-

зий. Логистический процесс на складе можно представить как последовательность операций по управлению потоками, проходящими через все этапы складской переработки грузов (см. рис. 1) [3, с. 60].

Склады меняют грузопотоки, приспособлявая их параметры к потребностям следующего партнера в логистической цепи. Склады и грузовые терминалы создаются в логистических системах и транспортных сетях в тех пунктах, где необходимо преобразование грузопотоков.

Разные виды транспорта взаимодействуют через промежуточные складские объекты / грузовые терминалы. При этом цель преобразования грузопотоков состоит в том, чтобы обеспечить наиболее эффективное дальнейшее транспортирование грузов. Преобразовывая грузопотоки, склады действуют в соответствии с принципами деловой логистики – ТКВМКС-Ц (в английской интерпретации – правило 7R) – нужный товар (Т), в нужном количестве (К), в нужное время (В), в нужное место (М), нужного качества (К), в нужном состоянии (С), по приемлемой конкурентоспособной цене (Ц).



Рис. 1. Логистический процесс на складе

Транспортная компания, имеющая свои складские комплексы и грузовые терминалы, может привлекать дополнительные грузопотоки, требующие концентрации или изменения в процессе доставки параметров транспортных партий. Это относится, например, ко всем мультимодальным перевозкам, т.е. перевозкам с участием двух и более видов транспорта.

В системах мультимодальных перевозок склады располагаются в пунктах передачи грузов с одних видов транспорта на другие и преобразовывают поступающий грузопоток на одном виде транспорта – в грузопоток, отправляемый со склада (имеющий другие параметры) и наиболее приемлемый для другого вида транспорта. Таким образом, через склады, в том числе должно осуществляться эффективное взаимодействие разных видов транспорта.

Поэтому склады в логистических цепях доставки грузов – это системообразующие объекты, формирующие параметры грузопотоков в соответствии с принципами деловой логистики. Можно сказать, что склады - «организаторы грузопотоков» в системах грузовых перевозок, без них невозможна эффективная работа грузового транспорта. Именно на складах формируются оптимальные параметры грузопотоков, нужные потребителям и обеспечивающие эффективность функционирования логистических систем доставки грузов.

Размещение складского хозяйства – комплексная проблема, включающая в себя такие вопросы, как [2, с. 556]:

- пространственное расположение складов на промплощадке предприятия (организации), при разных типах, характере и мощности производства;
- степени приближения складов разного назначения к местам выполнения технологических операций;
- необходимые объемы складирования грузов в разных складах, степень объединения или разукрупнения складов;
- особенности размещения складского хозяйства в условиях реконструкции, расширения и технического перевооружения предприятия (организации) и т.д.

Для того, чтобы организовать эффективный транспортный процесс, необходимо не только выбрать чисто транспортные характеристики перевозок, т.е. наиболее эффективный вид транспорта, транспортные средства, маршрут перевозок, размеры транспортных партий и периодичность их перевозки, характер транспортной тары и упаковки и т.д., но и предусмотреть в начале и конце транспортного процесса складские объекты, приспособленные и оснащенные для наиболее эффективной переработки отправляемых и прибывающих грузов. Для общей эффективности логистической цепи эти склады прибытия и отправления должны иметь современные объемно-планировочные решения, технологию, механизацию и автоматизацию складских работ с высокими экономическими показателями.

В целом, развитие логистической инфраструктуры любой компании является важным звеном для обеспечения успешного и эффективного развития компании.

Успешное функционирование государства строится из вклада каждой компании в экономику страны. Одной из перспективно развивающихся компаний в Казахстане является компания «Caspian Logistic Solutions». На ее примере и можно рассмотреть вопросы определения оптимального расположения склада.

Компания «Caspian Logistic Solutions» находится в единственном в Казахстане портовом городе – Актау, который расположен на берегу Каспийского моря. Актау является важным звеном создаваемой мультимодальной цепочки. Транспортно-экспедиторская компания ТОО «Caspian Logistic Solutions» – динамично развивающаяся компания на рынке транспортных услуг, осуществляющая свою деятельность с 2014 года.

Она занимается экспедированием товаров как по Казахстану, так и экспортом через АО НК «Актауский Международный Морской Торговый Порт» в страны ближнего и дальнего зарубежья. Под экспедированием товара, подразумевают сервис, который состоит из целого комплекса услуг, обеспечивающих транспортировку и сопровождение грузов, а также их документальное оформление. В последние годы компания активно расширяет и осваивает новые области, в том числе в сфере агропромышленного комплекса (АПК).

Данная компания планирует строительство элеватора на севере Казахстана, что позволит ей предоставлять более широкий спектр своих услуг.

Для решения одной из важнейших логистических задач - определения оптимального месторасположения склада в распределительных логистических системах, суще-

ствует множество методов, таких как: минимизации транспортной работы, минимизация суммарных логистических затрат, метод центра тяжести по тарифу, метод центра тяжести по расстоянию, метод центра тяжести по грузообороту и т.д.

Чтобы решить данную задачу по критерию минимального значения транспортной работы, необходимо знать:

- месторасположение фирм – производителей и потребителей данной продукции;
- объемы поставок продукции;
- маршруты доставки.

Данные показатели представлены в табл. 1 и 2, а также на рис. 2.

Таблица 1

Объемы перевозок с 2015 по 2017 годы

№	Станция	Объемы, кг
1	Атбасар	174 927 733
2	Новоишимское	115 010 584
3	Кокчетав	246 203 448
4	Кустанай	90 852 102
5	Есиль	68 340 093
6	Кызыл - ту	34 243 103
7	Петропавловск	82 298 501
8	Пресногорьковское	81 171 802
9	Алтынсарин	130 246 604
10	Тобол	136 293 622
11	Астана	66 412 525
12	Павлодар	18 907 746

Таблица 2

Средние расстояния от мест концентрации потоков до предполагаемых мест размещения склада

№	Станция	Среднее расстояние до места размещения склада, км		
		Кокчетав	Кустанай	Есиль
1	Атбасар	196	440	152
2	Новоишимское	185	253	169
3	Кокчетав	0	432	343
4	Кустанай	432	0	278
5	Есиль	343	278	0
6	Кызыл - ту	215	626	887
7	Петропавловск	186	449	427
8	Пресногорьковское	336	371	398
9	Алтынсарин	697	268	536
10	Тобол	527	97	366
11	Астана	309	702	414
12	Павлодар	649	1080	852

Одним из грузов, перевозимых компанией, является зерновая продукция, отправки которой сконцентрированы со следующих станций Казахстанской железной дороги. В последние годы появилась необходимость создания крупного заготовительного комплекса зерновой продукции, на который будут стекаться грузопотоки зерна, откуда

затем будут осуществляться поставки продукции до конечного потребителя. Такая потребность обусловлена необходимостью накопления больших партий грузов и возможностью организации маршрутных отправок, а также необходимостью преобразования поступающих грузопотоков. В качестве исходных данных были приняты объёмы, отправляемого зерна со станций, куда стекаются потоки близлежащих поставщиков. Расположение заготовительного складского комплекса планируется в непосредственной близости к железнодорожной станции с подведением железнодорожных путей. Непосредственно от поставщиков зерна груз доставляется до складского комплекса автомобильным транспортом.

Значение транспортной работы для каждого пункта определяется как сумма произведений объема перевозок на расстояние [1, с. 385], при этом итоговое значение должно стремиться к минимуму; так, например, для первого варианта расположения заготовительного комплекса (примыкание к станции Кокчетав) оно составит:

$$P_1 = (196 \cdot 174\,927\,733) + (185 \cdot 115\,010\,584) + (0 \cdot 246\,203\,448) + (432 \cdot 90\,852\,102) + (343 \cdot 68\,340\,093) + (215 \cdot 34\,243\,103) + (186 \cdot 82\,298\,501) + (336 \cdot 81\,171\,802) + (697 \cdot 130\,246\,604) + (527 \cdot 136\,293\,622) + (309 \cdot 66\,412\,525) + (649 \cdot 18\,907\,746) = 363\,596\,286\,635 \text{ ткм.}$$

Для второго варианта (примыкание к станции Кустанай):

$$P_2 = (440 \cdot 174\,927\,733) + (253 \cdot 115\,010\,584) + (432 \cdot 246\,203\,448) + (0 \cdot 90\,852\,102) + (278 \cdot 68\,340\,093) + (626 \cdot 34\,243\,103) + (449 \cdot 82\,298\,501) + (371 \cdot 81\,171\,802) + (268 \cdot 130\,246\,604) + (97 \cdot 136\,293\,622) + (702 \cdot 66\,412\,525) + (1080 \cdot 18\,907\,746) = 435\,095\,793\,067 \text{ ткм.}$$

Для третьего варианта (примыкание к станции Есиль):

$$P_3 = (152 \cdot 174\,927\,733) + (169 \cdot 115\,010\,584) + (343 \cdot 246\,203\,448) + (278 \cdot 90\,852\,102) + (0 \cdot 68\,340\,093) + (887 \cdot 34\,243\,103) + (427 \cdot 82\,298\,501) + (398 \cdot 81\,171\,802) + (536 \cdot 130\,246\,604) + (366 \cdot 136\,293\,622) + (414 \cdot 66\,412\,525) + (852 \cdot 18\,907\,746) = 416\,851\,770\,954 \text{ ткм.}$$

Минимальное значение $P = 363\,596\,286\,635$ ткм соответствует первому варианту, следовательно, на близлежащей территории наиболее выгодно организовать строительство заготовительного комплекса.

Создание в транспортных сетях складских комплексов/грузовых терминалов позволяет лучше организовать доставку грузов потребителям, привлекать большие объемы перевозок грузов, обеспечивать комплексное логистическое обслуживание клиентов и получать дополнительные прибыли как за счет больших объемов перевозок, так и за счет дополнительных услуг по организации перегрузочно - складских операций на терминалах и складах.

Поэтому транспортные и экспедиторские компании должны рассматривать терминальный и складской бизнес как важное направление своего развития.

Библиографический список

1. Лукинский В.С. Модели и методы теории логистики: учебное пособие. / В.С. Лукинский, В.В. Лукинский, Ю.В. Малевич, И.А. Пластунок, Н.Г. Плетнева / Под ред. В. С. Лукинского. – СПб.: 2008. – 448 с.
2. Путьрский А.Г. Логистика: Конспект лекций / А.Г. Путьрский. - Под ред. А. Г. Сахно. – СПб.: ИНЖЭКОН, 2011. – 87 с.
3. Маликов О.Б. Склады и грузовые терминалы: Справочник / О.Б. Маликов. – СПб.: Издательский дом «Бизнес – пресса», 2005. – 560 с.

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ПЕРЕВОЗКАМИ ПУТЕМ ВНЕДРЕНИЯ ПОЛИГОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ НА СЕТИ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Золотникова А.Д., Ахмедов Р.Р., Федоров В.П.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I» (Санкт-Петербург)

Введение

На долю железнодорожного транспорта приходится подавляющее большинство грузо- и пассажирооборота, именно поэтому невозможно переоценить значение железных дорог в транспортной системе и экономике нашего государства.

В настоящее время наиболее актуальной проблемой развития железнодорожной отрасли является проблема грамотного передвижения поездопотоков по сети железных дорог.

Именно поэтому основные цели данного исследования можно сформулировать следующим образом:

- изучение принципа полигонных технологий, раскрытие основных целей и задач, которые будут решены при внедрении новой методики;
- сравнение структуры управления перевозочным процессом между существующей и планируемой при внедрении полигонных технологий;
- анализ эффективности внедрения полигонных технологий на основе опыта Восточного полигона и рассмотрение возможности внедрения технологии полигонного управления применительно к Центральному и Северо-Западному регионам;
- изучение современных информационных систем для организации грузопотоков при полигонной технологии.

1. Понятие полигона. Основные цели и средства ОАО «РЖД» при применении полигонных технологий

Полигон – укрупненная часть сети железных дорог ОАО «РЖД», объединенная по технологическим признакам (зарождение-погашение грузопотоков, обеспечение тягового обслуживания, логистическое управление подводом к морским портам и межгосударственным стыковым пунктам и др.), в целях унификации технологических и инфраструктурных параметров перевозочного процесса, обеспечения единого сквозного планирования, управления эксплуатационной работой и выполнения ремонтных и строительно-монтажных работ.

По мнению ВНИИЖТа, полигоном управления перевозочным процессом следует называть совокупность участков сети, имеющих единую технологию работы тягового подвижного состава, идентичную инфраструктуру, зарождение и завершение производственных циклов при обслуживании общих пассажиро- и грузопотоков с максимальным транспортно-логистическим эффектом

Полигонные технологии управления перевозочным процессом нацелены в первую очередь на решение масштабных задач, стоящих перед ОАО «РЖД», по повышению эффективности перевозочного процесса, качества использования тяговых ресурсов и инфраструктуры. Основные цели ОАО «РЖД» и средства их достижения с учетом применения полигонных технологий представлены на рис. 1 и 2.

Клиентоориентированность

- привлечение дополнительных объемов перевозок грузов, в том числе с других видов транспорта;
- выполнение сроков доставки и условий перевозки;
- увеличение объема и качества предоставляемых перевозчиком логистических функций;
- ликвидация барьерных мест при взаимодействии участников перевозки на стыках видов транспорта.

Корпоративная эффективность

- снижение эксплуатационных расходов перевозочного процесса;
- повышение производительности локомотивов;
- эффективное использование инфраструктуры;
- снижение энергопотребления.

Рис. 1. Цели ОАО «РЖД» с учетом применения полигонных технологий

Полигонная технология

- согласованный вариантный график движения поездов на полигоне;
- согласованный оперативный план формирования и план отправительской маршрутизации;
- согласованный план проведения "окон" на полигоне;
- централизованное сменно-суточное планирование поездной и грузовой работы на полигоне;
- централизованное планирование использования тяговых ресурсов на полигоне;
- унификация норм массы и длины поездов на полигоне;
- превентивное управление;
- согласование планов работы и информационное взаимодействие участников перевозки;
- информационно-управляющие технологии прогнозирования, планирования, контроля и анализа электронного документооборота;
- система интегрированного расчета показателей работы полигона с использованием экономических критериев.

Рис. 2. Средства достижения целей ОАО «РЖД» с учетом применения полигонных технологий

2. Внедрение полигонных технологий на Восточном полигоне

2.1 Основные функции центра управления перевозками

Ответственными за реализацию полигонных технологий на линейном уровне будут центры управления перевозками.

Основные функции, возложенные на полигонный центр управления перевозками, являются:

- обеспечение технологической логистики перевозочного процесса;
- взаимодействие с диспетчерским аппаратом и руководством региональных дирекций;
- оперативное регулирование поездопотоков и тяговых ресурсов в масштабе полигона;
- оперативное реагирование на технические отказы, связанные с ограничением движения поездов.

Пилотный проект создания такого центра управления перевозками в Иркутске осуществляется на Восточном полигоне.

В соответствии с принципами полигонной технологии этот центр, объединяющий участки Красноярской, Восточно-Сибирской, Забайкальской и Дальневосточной железных дорог, должен обеспечивать:

- технологическую логистику перевозочного процесса на полигоне (согласованный подвод поездов к станциям, портам, сухопутным пограничным переходам, выполнение маршрутной скорости, сроков доставки, сквозных расписаний);
- взаимодействие с диспетчерским аппаратом и руководством региональных дирекций;
- оперативное регулирование поездопотоков;
- оперативное реагирование на отказы технических средств, связанные с ограничением движения поездов.

2.2. Основы работы центра управления перевозками при полигонных технологиях

Основу плана поездной работы полигона составляют план формирования и варианты графики движения поездов на планируемый период, построенные с учетом запланированных в директивном плане-графике размеров движения и ограничений инфраструктуры по «окнам». План формирования поездов на полигоне корректирует инженерный состав ЦУП.

Увязка нормативного графика движения и плана формирования по стыковым станциям между смежными полигонами, плана обеспечения тяговыми ресурсами, утверждение сменно-суточного плана осуществляется в Центральной дирекции управления движением.

В оперативной обстановке задачей персонала полигонного ЦУП является контроль выполнения планов поездной работы и обеспечения ее тяговыми ресурсами, проведение мероприятий для реализации контрольных показателей работы полигона, решение конфликтных ситуаций и установление заданий диспетчерскому персоналу региональных дирекций управления движением. Для этого используется программно-аппаратный комплекс табло коллективного пользования.

Решение конфликтных ситуаций, возникающих при том или ином сценарии действий, рассматривается как набор простых логических инструкций и приоритетов, которые выдает автоматизированная система конкретному диспетчеру (руководителю) в виде плана его действий и оценки.

Отработка полигонных технологий на Восточном полигоне, накопление опыта организации технологических цепочек при взаимодействии органов управления «по вертикали» и «по горизонтали», в том числе при работе с портами, грузовладельцами, операторскими компаниями, соседней Западно-Сибирской железной дорогой, является актуальным этапом развития системы управления. Перспективы развития структуры управления по полигонной технологии представлены на рис. 3.

2.3. Промежуточные итоги и эффект от внедрения полигонной технологии на Восточном полигоне

Положительный ценный опыт наработан на Восточном полигоне, включающем в себя подразделения производственного блока ОАО «РЖД» в границах Красноярской, Восточно-Сибирской, Забайкальской и Дальневосточной железных дорог. Внедрение полигонной технологии дало возможность повысить эффективность перевозочного

процесса, стабилизировать сроки доставки грузов, снизить время нахождения поездов и локомотивов на технических станциях, увеличить участковую скорость, сократить число «отставленных» от движения поездов, снизить одиночный пробег локомотивов, улучшить условия выполнения пассажирских перевозок.

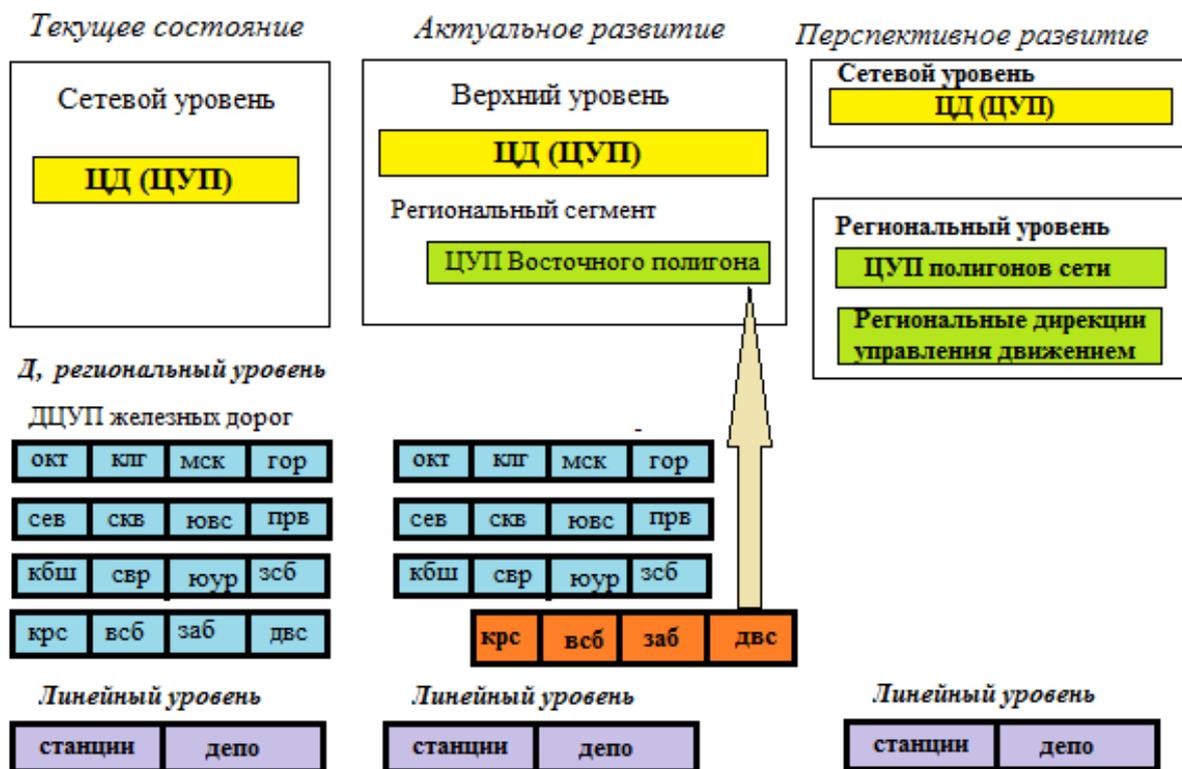


Рис. 3. Развитие структуры управления по полигонной технологии

По словам заведующего отделением ОАО «ВНИИЖТ» Александра Осьминина реализуемые сейчас на сети с участием отраслевых учёных полигонные технологии позволят в перспективе повысить скорость доставки грузов на 22%, увеличить средний вес поезда на 7%, а также почти на треть снизить непроизводительные потери рабочего времени локомотивных бригад. Таких показателей удастся добиться за счёт унификации параметров инфраструктуры и локомотивного парка, организации сквозного пропуска поездов по стыковым станциям, оптимизации производственных мощностей и других мер.

3. Определение границ полигонов управления перевозочным процессом

3.1. Основные критерии определения границ полигонов

При анализе факторов и условий перехода на полигонную систему управления можно выделить следующие критерии:

- обеспечение технологической завершенности процесса перевозок по организации и продвижению вагоно- и поездопотоков в пределах полигонов (максимум погруженных и выгруженных вагонов в границах одного полигона);

- создание оптимальной системы построения участков обращения локомотивов и участков работы локомотивных бригад в пределах полигонов управления перевозочным процессом;
- оптимизация разработки и выполнения планов ремонтно-строительных работ на основных направлениях сети железных дорог посредством предоставления «окон» большой продолжительности и закрытия перегонов по технологии «в створе» при обеспечении ремонтно-строительных работ путевыми машинами и самоходным подвижным составом;
- обеспечение оптимальных условий для работы крупных выгрузочных районов (в первую очередь морских портов) и прилегающих к ним подходов;
- создание на полигонах более благоприятных условий для организации местной работы с большим по величине вагонопотоком по сравнению с отдельными региональными дирекциями управления движением;
- создание оптимальных функций для выполнения железнодорожным транспортом социальных функций, связанных с организацией пассажирских перевозок во всех видах сообщений.

3.2. Перспектива внедрения технологии полигонного управления на Московской и Северо-Западной магистрали

В настоящее время при участии железнодорожной науки ведётся разработка наиболее эффективной конфигурации полигонов в Центральном и Северо-Западном регионах России. Преобладающее экспертное мнение учёных и практиков состоит в том, что Московская железная дорога, обладающая уникальными характеристиками, прежде всего в части пассажирского и скоростного сообщения, должна стать самостоятельным полигоном.

Важнейшей особенностью изменения направлений следования грузопотоков в последние 25 лет стало образование крупных выгрузочных районов экспортных грузов в местах расположения морских портов – на северо-западе и юге Европейской части России и на Дальнем Востоке. С 1993 по 2016 год отправление грузов на экспорт через морские порты увеличилось более чем в 10 раз – до 316,7 млн т в год. Тенденцией времени стало образование загруженных направлений большой протяжённости, проходящих по нескольким железным дорогам. Таких укрупнённых направлений на сети не менее восьми, при этом одни и те же железные дороги входят в разные направления и регионы. С учётом технологических критериев эффективности полигонных технологий ВНИИЖТ предложил базовый вариант для сети РЖД, состоящий из шести полигонов. Это Московский, Северо-Западный, Волжский, Южный, Урало-Сибирский и Восточный полигоны (на рис. 4 представлен один из вариантов). По мнению Владимира Молдавера, наиболее технологически тесной представляется интеграция Московского с Северо-Западным полигоном.

Выделение Московской железной дороги в отдельный полигон согласно мнению профессора Александр Осьминина, предложено в силу её особой значимости по части организации пассажирского движения и скоростного сообщения. Окончательное решение по числу и конфигурации полигонов на сети РЖД и выбору оптимального варианта границ полигонов управления перевозочным процессом будет принято правлением компании с учётом предложений экспертов и стратегических планов развития холдинга. Наука полагает, что Российские железные дороги стоят сейчас перед принятием исторических решений, которые на многие десятилетия определяют будущее развитие инфраструктуры и технологий управления, окажут влияние на вектор эволюции компании.

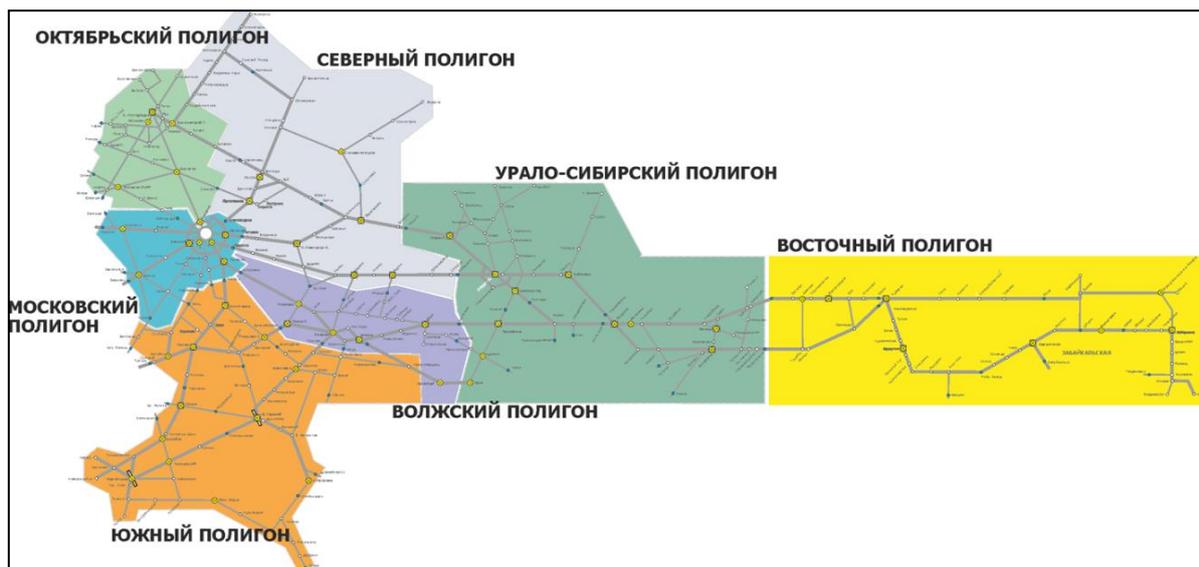


Рис. 4. Один из вариантов конфигурации полигонов на сети железных дорог Российской Федерации

4. Автоматизированные системы планирования при полигонных технологиях

4.1. Интеллектуальная система управления на железнодорожном транспорте (ИСУЖТ)

С целью оптимизации процесса перевозок и улучшения качественных показателей работы железнодорожного транспорта ОАО «НИИАС» выполняет проект ИСУЖТ.

ИСУЖТ – это первая управляющая система, автоматизирующая полный цикл производственного процесса эксплуатационной работы ОАО «РЖД». Целью создания системы ИСУЖТ является повышение эффективности эксплуатационной работы ОАО «РЖД», а также клиентоориентированности компании.

Функционал ИСУЖТ включает в себя все существующие горизонты планирования перевозочного процесса, от годового и месячного планирования до диспетчерского планирования пропуска поездов. При этом ИСУЖТ автоматизирует сквозные технологические процессы для дирекций управления движением, тяги, инфраструктуры и центра фирменного транспортного обслуживания. Решение задач планирования, согласования и контроля исполнения осуществляется с помощью сети взаимодействующих динамических планировщиков интеллектуальных программно-аппаратных модулей.

ИСУЖТ является полностью российской разработкой на основе единой программной платформы, помимо этого, это первая отечественная система для железнодорожного транспорта, использующая методы искусственного интеллекта.

Концептуальная схема ИСУЖТ представлена на рис. 5.

В настоящее время пилотными полигонами внедрения системы ИСУЖТ являются:

- ПТК сетевого уровня: ЦУТР Восточного полигона (управление на полигонах сети);
- ПТК регионального уровня: Москва-Санкт-Петербург (пассажирское движение).

4.2 Интегрированная система управления поездной работой на объединенном полигоне железных дорог (ИСУПР)

ИСУПР имеет ряд отличительных особенностей:

- собранная информация отображается на web-портале в виде интерактивной схемы полигона;
- пользователи системы имеют единую точку доступа к отчетам и показателям работы;
- на основании информационной модели выполняется имитационное моделирование состояния полигона на смену вперед;
- при моделировании учитываются технологические процессы станций;
- для вагонов поездов и локомотивов формируется детальный пооперационный прогноз движения и обработки на полигоне.

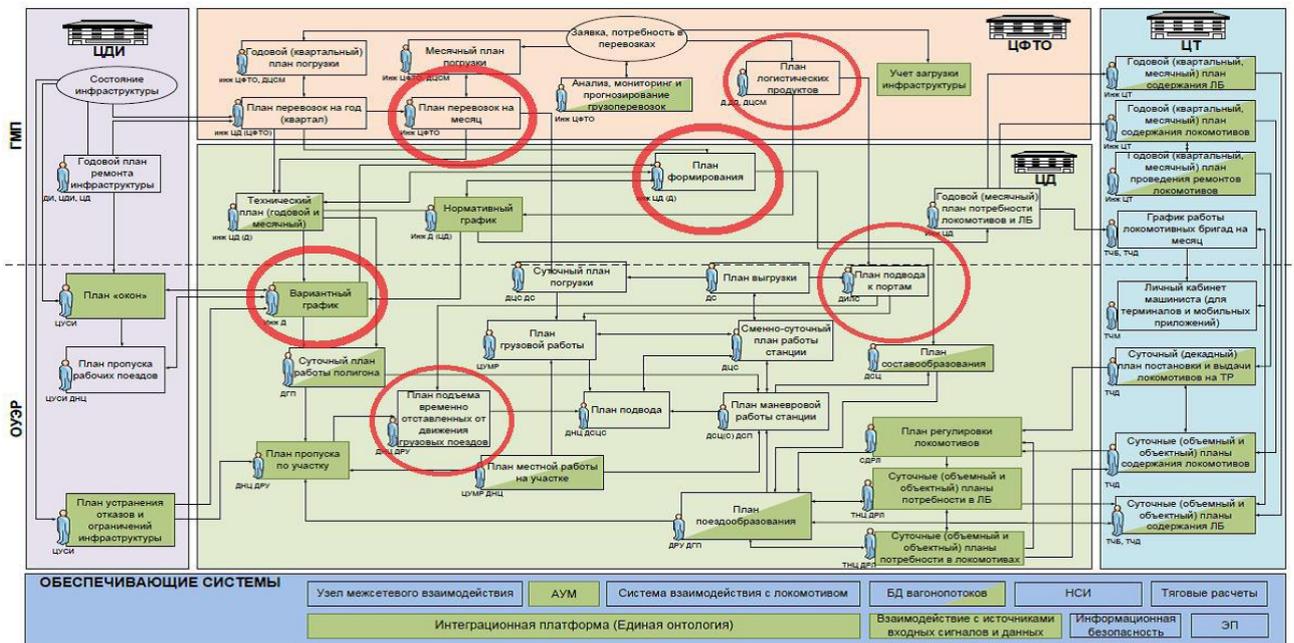


Рис. 5. Концептуальная схема ИСУЖТ

Выводы

Изучение принципов планирования, системы управления, информационной базы при полигонных технологиях позволяют сделать следующие выводы:

- предложенная технология несет в себе потенциал, позволяющий ОАО «РЖД» выполнить поставленные цели и задачи в текущем и долгосрочном планировании;
- открытие центра управления перевозками на Восточном полигоне – важный шаг в реализации технологии управления движением на основе полигонных технологий;
- развитие существующей технологии полигонного управления применимо к Центральному и Северо-Западному региону;
- существующие информационные системы планирования работы железной дороги нуждаются в совершенствовании для обеспечения необходимых результатов.

Библиографический список

1. Альмеев С.А. Полигонные технологии перевозочного процесса на Приволжской железной дороге // Железнодорожный транспорт. – 2016. – № 11. – С. 15-17.
2. Осьминин А.Т. Научное обоснование направлений повышения эффективности управления перевозочным процессом // Бюллетень Объединенного ученого совета ОАО «РЖД». – М., 2016. – № 3. – С. 28-40.

УДК 656.2

ИССЛЕДОВАНИЕ СФЕР ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ДВУХПУТНЫХ ВСТАВОК ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ТИПАХ ГРАФИКА

Климова Е.В.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский государственный университет путей сообщения» (Новосибирск)

В современных условиях работы железнодорожного транспорта перед железными дорогами встает вопрос максимального использования пропускной способности участков при существующей технической оснащённости без привлечения дополнительных инвестиций [1, 2].

В условиях возрастающих потоков поездов для однопутных участков, коэффициент заполнения пропускной способности которых приближается или превысил допустимое значение, рекомендуется использовать такое организационно-техническое мероприятие как применение других типов графика, например, частично-пакетного или пакетного при различном числе поездов в пакете [3].

Однако для однопутных перегонов с двухпутными вставками стандартной длины оптимальным типом графика является непакетный и в нормативной Инструкции [3] не рассматривается возможность применения других типов графика.

Стандартная длина двухпутной вставки, позволяющая производить безостановочное скрещение поездов при их непакетной прокладке, составляет три блок-участка. Длина одного блок-участка должна быть не менее тормозного пути грузового поезда графической длины на расчетном уклоне. Таким образом, основное преимущество двухпутной вставки по сравнению с отдельным пунктом поперечного типа – это возможность исключения остановочного скрещения поездов и сокращения расходов на остановки поездов и поездо-часы простоя.

Тем не менее, применение частично-пакетного и пакетного типов графика позволило бы повысить пропускную способность однопутного участка.

В данной статье рассматривается несколько ключевых вопросов:

1) Возможность реализации частично-пакетного и пакетного типов графика на двухпутных вставках стандартной длины (три блок-участка) при числе поездов в пакете 2.

2) Определение основных показателей графика движения поездов: период графика, изменение его величины, наличная пропускная способность, прирост пропускной способности, число задержанных поездов, поездо-часы задержек.

3) Определение необходимой и достаточной протяженности двухпутной вставки для применения частично-пакетного и пакетного типов графика в условиях реализации безостановочного скрещения поездов.

4) Расчет дополнительных эксплуатационных расходов, связанных с остановками поездов, инвестиций в удлинение двухпутной вставки, доходов и экономического эффекта реализации различных типов графика.

Для двухпутной вставки стандартной длины (3 блок-участка) разработаны фрагменты парного графика движения поездов, представленные на рис. 1: непакетный, частично-пакетный при коэффициенте пакетности 0,5 и двух поездах в пакете, пакетный при двух поездах в пакете для последующего определения основных натуральных показателей.

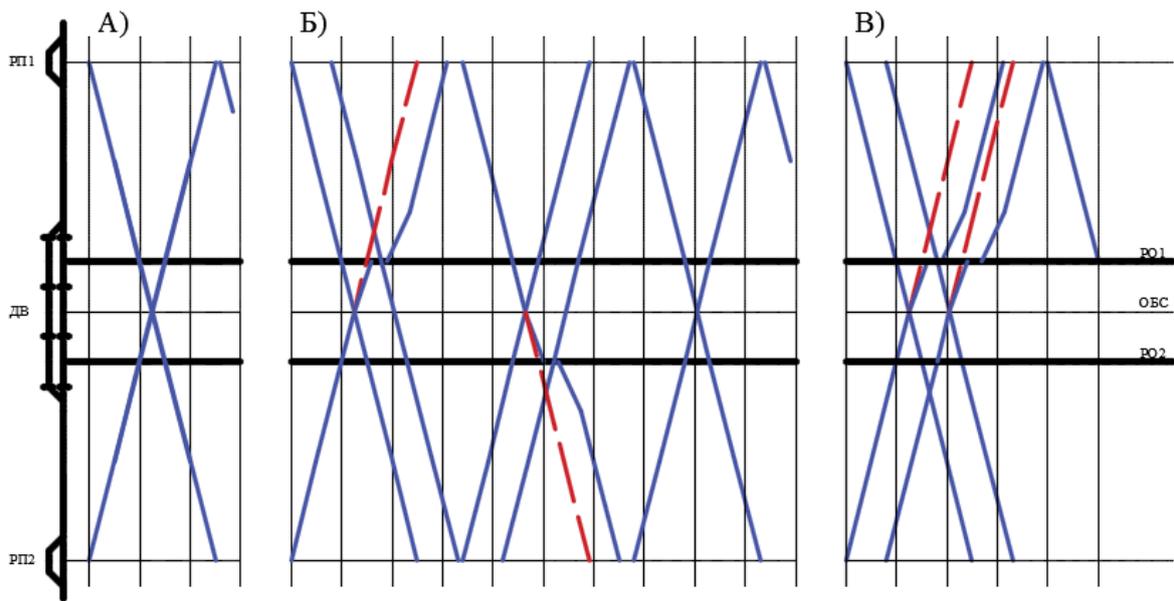


Рис. 1. Фрагмент графиков движения поездов при длине двухпутной вставки три блок-участка: А – непакетный; Б – частично-пакетный; В – пакетный график

При построении приняты следующие исходные данные:

1. Техническая и эксплуатационная характеристики рассматриваемого перегона максимально приближены к реальной железной дороге.
2. Поезда следуют по перегону с равномерной скоростью.
3. Двухпутная вставка расположена в центральной части перегона и позволяет производить остановочное скрещение поездов при непакетном типе графика. При других типах графика данная возможность проверяется графическим способом.

На рис. 1 пунктиром показаны линии хода поездов при безостановочном следовании поездов по двухпутной вставке.

Разработанные фрагменты графика для двухпутной вставки длиной три блок-участка позволили сделать следующие выводы:

- безостановочное скрещение поездов позволяет реализовать только непакетный тип графика;
- при частично-пакетном графике будут остановлены 2 поезда (один нечетный и один четный) для пропуска встречного пакета поездов;
- при пакетном графике будет остановлен один пакет (2 поезда) для пропуска встречного пакета поездов.

Выведены зависимости для расчета следующих показателей.

Период графика:

- при непакетной прокладке поездов определяется в соответствии с Инструкцией [3];

- при частично-пакетной прокладке поездов:

$$T_{\text{ч-п}} = t'_{\text{РП}} + t''_{\text{РП}} + I'_p + I''_p + t'_x + t''_x + 3\tau_{\text{ск}} + \tau_{\text{бс}}; \quad (1)$$

- при пакетной прокладке поездов:

$$T_{\text{п}} = t'_x + t''_x + I'_p + I''_p + t''_p + 2\tau_{\text{ск}}, \quad (2)$$

где $t'_{\text{РП}}, t''_{\text{РП}}$ – время хода между отдельными пунктами (РП1 и РП2) соответственно нечетного и четного поездов с учетом разгона и замедления при необходимости, мин; I'_p, I''_p – расчетный интервал между поездами соответственно нечетными и четными, мин; t'_x, t''_x – время хода между отдельными пунктами (РП1 и РП2) и расчетной осью (РО1 и РО2) соответственно для соответственно нечетного и четного поездов с учетом разгона и замедления при необходимости, мин; $\tau_{\text{ск}}$ – интервал скрещения поездов, мин; $\tau_{\text{бс}}$ – интервал безостановочного скрещения поездов, мин; t'_p, t''_p – время разгона после остановки соответственно нечетного и четного поездов, мин.

Увеличение периода графика, приходящееся на 1 задержанный поезд при пакетном типе графика:

- нечетный поезд:

$$\Delta T_{\text{п.н}} = I'_p + \tau_{\text{ск}} + t''_p - \tau_{\text{бс}}; \quad (3)$$

- четный поезд:

$$\Delta T_{\text{п.ч}} = I''_p + \tau_{\text{ск}} + t'_p - \tau_{\text{бс}}. \quad (4)$$

Необходимо уточнить, что увеличение периода графика происходит только при реализации пакетного типа графика. При частично-пакетном графике остановка поездов не приводит к увеличению периода графика.

Продолжительность стоянки одного остановленного поезда:

- нечетный поезд:

$$t_{\text{ост.н}} = I'_p + \tau_{\text{ск}} - \tau_{\text{бс}} - t'_z; \quad (5)$$

- четный поезд:

$$t_{\text{ост.ч}} = I''_p + \tau_{\text{ск}} - \tau_{\text{бс}} - t'_z, \quad (6)$$

где t'_z, t''_z – время замедления после остановки соответственно нечетного и четного поездов, мин.

Протяженность двухпутной вставки (в км) для частично-пакетного и пакетного типов графика при реализации безостановочного скрещения поездов должна отвечать следующему необходимому условию (см. рис. 2):

$$L_{\text{необ}} = V \cdot t_{\text{расч}} = V(I_p + \tau_{\text{бс}}), \quad (7)$$

где V – скорость хода поезда по перегону, км/ч; $t_{\text{расч}}$ – расчетное время между проследованием расчетной оси поездами № 2003 и 2002, ч.

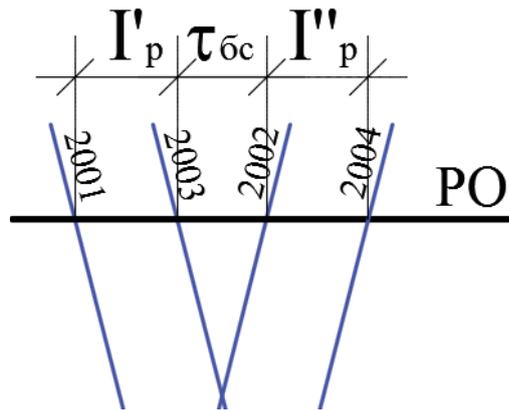


Рис. 2. Расчетная схема для определения длины двухпутной вставки (необходимое условие)

Формулы для расчета величин I_p и $\tau_{бс}$ приведены в Инструкции [0]. Подставив их в формулу (7) и произведя математические преобразования получим:

- необходимая длина двухпутной вставки в км:

$$L_{\text{необ}} = 5L_{\text{б/у}} + V(t_{\text{вос}} + t_{\text{конг}} + t_{\text{приг}} + t_{\text{откр}}) / 60, \quad (8)$$

где $L_{\text{б/у}}$ – длина одного блок-участка, км; $t_{\text{вос}}$ – время необходимое для восприятия машинистом смены огня светофора, мин; $t_{\text{конг}}$ – продолжительность контроля дежурным по станции (ДСП) проследования поезда, включая дачу блок-сигнала проследования, мин; $t_{\text{приг}}$ – продолжительность приготовления маршрута отправления поезду, включая переговоры о движении поездов между ДСП и подачу ДСП блок-сигнала согласия, мин; $t_{\text{откр}}$ – продолжительность открытия выходного сигнала поезду, мин; 60 – перевод минут в часы.

- необходимое количество блок-участков двухпутной вставки:

$$n_{\text{необ}} = 5 + \frac{V(t_{\text{вос}} + t_{\text{конг}} + t_{\text{приг}} + t_{\text{откр}})}{60 \cdot L_{\text{б/у}}}. \quad (9)$$

Поскольку длина двухпутной вставки должна быть кратна длине блок-участка, то возникает достаточное условие с округлением значения в большую сторону до целого числа:

- достаточное количество блок-участков двухпутной вставки:

$$n_{\text{дост}} = \frac{L_{\text{необ}}}{L_{\text{б/у}}}, \quad (10)$$

- достаточная длина двухпутной вставки в км:

$$L_{\text{дост}} = n_{\text{дост}} \cdot L_{\text{б/у}}. \quad (11)$$

Результаты расчетов показали, что необходимая длина двухпутной вставки для обеспечения безостановочного скрещения поездов при частично-пакетном и пакетном типах графика должна быть 6,25 блок-участка или 9,38 км, достаточная – 7 блок-

участков или 10,5 км (при длине блок-участка 1,5 км). С учетом полученных результатов разработаны фрагменты различных типов графика движения поездов, представленные на рис. 3.

При достаточной длине двухпутной вставки и частично-пакетном типе графика его период не изменяется и определяется по формуле (1), при пакетном – по формуле:

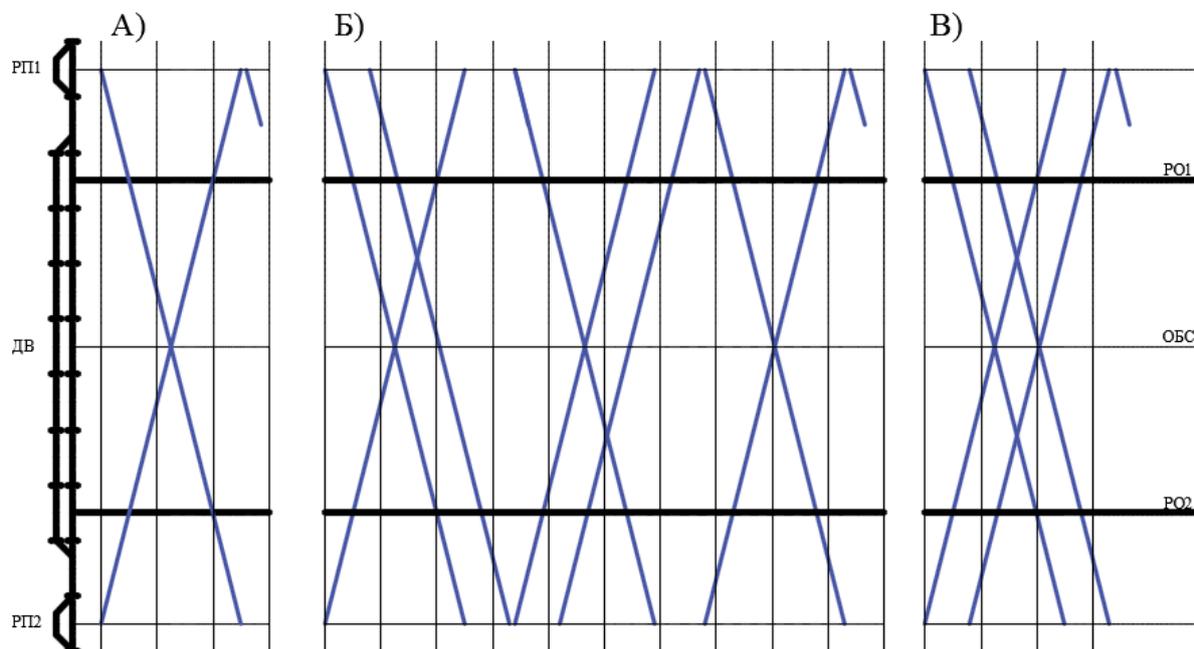


Рис. 3. Фрагмент графиков движения поездов при длине двухпутной вставки семь блок-участков: А – непакетный; Б – частично-пакетный; В – пакетный график

$$T_{п.7} = t'_x + t''_x + I'_p + I''_p + \tau_{бс} + \tau_{ск}. \quad (12)$$

Сравнение результатов расчетов для шести вариантов, представленных на рис. 1 и 3, позволили сделать следующие выводы:

1) Остановки двух поездов для пропуска встречного пакета поездов имеют место только при длине двухпутной вставки три блок-участка и применении частично-пакетного и пакетного типов графика. При этом число остановленных поездов зависит от числа поездов в пакете.

2) Для непакетного и частично-пакетного типов графика наличная пропускная способность не зависит от длины двухпутной вставки. Для пакетного типа графика наличная пропускная способность возросла на 11 пар поездов или на 17%.

3) При длине двухпутной вставки три блок-участка и применении частично-пакетного типа графика суммарное число задержанных поездов за сутки равно 27,57 (с учетом обоих направлений), при пакетном – 67,8. Суммарные поездо-часы стоянок за сутки составили соответственно 1,38 и 2,7 ч. Суммарные дополнительные эксплуатационные расходы, связанные с остановками поездов за год составили соответственно 8,36 и 19,23 млн руб./год. Расходные ставки приняты в соответствии с экономическими данными Западно-Сибирской железной дороги.

4) Частично-пакетный тип графика по сравнению с непакетным позволяет пропустить в сутки больше на 5 пар поездов, пакетный при длине двухпутной вставки три блок-участка – на 14,5 пар поездов в сутки, при длине двухпутной вставки семь блок-участков – 25,5 пар поездов в сутки.

5) Объем работ по удлинению двухпутной вставки с трех до семи блок-участков составит 6 км и оценочно 270 млн руб.

6) Расчет экономической эффективности производился по авторской методике [0, 0], предполагающей, что дополнительная пропускная способность будет использована для пропуска возрастающего потока грузовых поездов. При этом кроме инвестиций ведется расчет эксплуатационных расходов методом расходных ставок и доходов от перевозки дополнительного объема грузов. Так вариант длины двухпутной вставки три блок-участка и применения непакетного типа графика будет иметь нулевой экономический эффект, частично-пакетный – 716,9 млн руб./год, пакетный – 2025,6 млн руб./год не смотря на дополнительные эксплуатационные расходы, связанные с остановкой поездов. При длине двухпутной вставки семь блок-участков и применении непакетного типа графика вариант будет иметь отрицательный экономический эффект в размере минус 10,8 млн руб./год, при частично-пакетном – 714,3 млн руб./год, при пакетном – 3597,8 млн руб./год.

Таким образом, в условиях возрастающего потока поездов на первом этапе освоения объемов перевозок рекомендуется сооружение двухпутных вставок классической длины в три блок-участка и применение частично-пакетного и пакетного типов графика в условиях организации смешанного движения поездов по вставке (безостановочного и остановочного). При дальнейшем росте объемов перевозок надлежит удлинить двухпутную вставку до длины, удовлетворяющей достаточному условию (7 блок-участков) и применить пакетный тип графика с безостановочным пропуском всех поездов.

Библиографический список

1. Стратегия инновационного развития ОАО «Российские железные дороги» на период до 2015 года (Белая книга ОАО «РЖД»). – М., 2007. – 54 с.
2. Стратегия развития железных дорог до 2030 года. – М., 2006. – 104 с.
3. Инструкция по расчету наличной пропускной способности железных дорог: утв. ОАО «РЖД» 10 ноября 2010 г. – М., 2011. – 289 с.
4. Инструкция по определению станционных и межпоездных интервалов: ЦД-361: утв. МПС РФ 16 июня 1995 г. – М., 1995. – 162 с.
5. Климова Е.В. Оценка экономической эффективности способов организации скоростного движения пассажирских поездов: дис. ... канд. экон. наук. – Новосибирск, 2015. – 156 с.
6. Климова Е.В. Методика оценки эффективности формирования и пропуска соединенных грузовых поездов на участках и полигонах железных дорог // Вестник СГУПС. – 2015. – № 4. – С. 19-23.

УДК 656.2

ИССЛЕДОВАНИЕ ВАГОНОПОТОКОВ ДЛЯ ВЫДЕЛЕНИЯ ОСНОВНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ ПЕРЕВОЗОК ГРУЗОВ

Кулакова Ю.В.

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I»
(Санкт-Петербург)*

Основной задачей железнодорожного транспорта является полное и своевременное удовлетворение потребностей народного хозяйства и населения в перевозках: уско-

рение передвижения грузов и пассажиров, доставка грузов к месту назначения в установленный срок.

На надежность доставки грузов и порожних вагонов влияют многие факторы, такие как: недостаток провозной и пропускной способностей отдельных участков железных дорог; производство капитального ремонта пути; скопление вагонов в местах массовой погрузки и выгрузки; срыв выдачи локомотивов и локомотивных бригад; недостаточная перерабатывающая способность станций; отсутствие перспективного централизованного планирования перевозок; задержки в пути следования при прохождении стыковых пунктов; ошибки в управлении вагонным парком (нарушение плана формирования поездов) и другие. Для устранения «барьерных мест» на сети железных дорог и создания оптимальной технологии управления грузопотоками, продвижения их к крупным выгрузочным регионам в настоящее время внедряют полигонные технологии. Расширение границ управления перевозочным процессом позволит создать единое управление грузопотоками и продвижением поездов, повысить эффективность эксплуатационной работы за счет прогрессивных технических и технологических решений.

В настоящее время уже создан Восточный полигон, объединивший в себе Дальневосточную, Забайкальскую, Восточно-Сибирскую и Красноярскую железные дороги. Единое управление позволило повысить участковую скорость, увеличить долю вагонов, доставленных в срок, снизить пробег одиночных локомотивов, сократить число «отставленных» от движения поездов.

Для определения границ полигонов в Западной части России необходимо рассмотреть основные направления грузопотоков и тяговые ресурсы [2].

Для выбора основных направлений грузопотоков были использованы статистические данные о количестве отправленных с железных дорог России груженых вагонов за 8 месяцев 2017 года. Всего за указанный период было перевезено в прямом сообщении 11 711,5 тысяч груженых вагонов. Основной железной дорогой зарождения грузопотока (см. рис. 1) является Западно-Сибирская дорога, количество отправленных груженых вагонов на другие дороги составляет 19,8% от общего количества погруженных вагонов на сети железных дорог. Основными станциями погрузки являются Ерунаково – 15,6% (от общего количества погруженных вагонов на Западно-Сибирской дороге), Терентьевская – 8%, Мереть – 7,3%, Междуреченск – 4%. Основными направлениями являются Ерунаково – Лужская-экспорт Октябрьской дороги, Ерунаково – Мурманск-экспорт Октябрьской дороги, Терентьевская - Мурманск-экспорт, Ерунаково – Находка-экспорт Дальневосточной дороги, Мереть – Находка-экспорт, Междуреченск – Находка-экспорт, Заринская – Новолипецк Юго-Восточной дороги.

Вагонопоток с Восточного полигона назначением на дороги, не входящие в его состав, составил 1 739,8 тысяч вагонов. Максимальная погрузка производится на станциях Братск, Коршуниха, Суховская Восточно-Сибирской дороги, Владивосток, Находка Дальневосточной дороги, Забайкальск Забайкальской дороги, Заозерная, Камышта, Кильчуг, Черногорский Копи Красноярской дороги. Основными направлениями Восточного полигона являются Черногорские копи – Красное-экспорт Московской дороги. Коршуниха – Металлургическая Южно-Уральской дороги, Владивосток – Силикатная Московской дороги, Заозерная – Барнаул Западно-Сибирской дороги, Черногорские Копи – Красное-экспорт Московской дороги, Кильчуг – Вослебово Московской дорги.

Максимальный грузопоток с Южно-Уральской дороги поступает со станции Зауралье назначением на станцию Малорефтинская Свердловской дороги, со станции Канисай – на станцию Красное Московской дороги, со станции Карталы 1 – на станцию Лужская Октябрьской дороги.

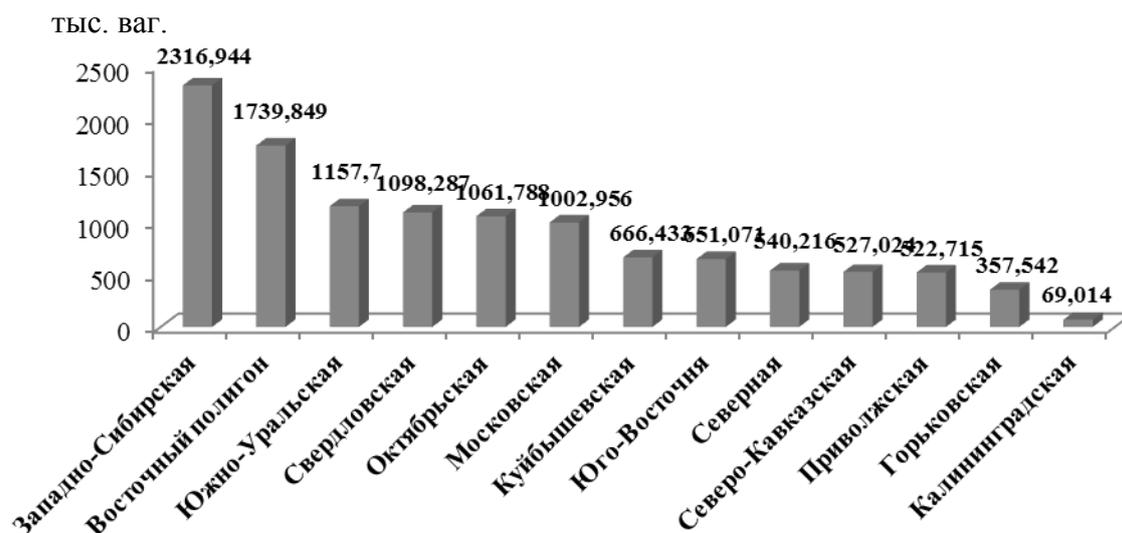


Рис. 1. Количество вагонов, погруженных на железных дорогах за 8 месяцев 2017 г.

Основной грузопоток Свердловской дороги поступает в адрес станций Октябрьской дороги. Главными направлениями являются Лимбей, Тобольск, Сургут – Лужская, Березники, Соликамск 2 – Автово.

Почти 20% всех груженых вагонов на сети, отправленных в прямом сообщении поступают на станции Октябрьской железной дороги. Это обусловлено ее географическим положением. Октябрьская дорога является связующим звеном между Европой и Россией, Россией и Азией. Наряду с 8 сухопутными пограничными переходами – четыре на границе с Финляндией, по два с Эстонией и Латвией, дорога имеет выход к крупным торговым портам Балтийского, Белого и Баренцева морей. Главные направления Санкт-Петербург – Кошта, Мурманск – Санкт-Петербург – Москва являются важными звеньями международных транспортных коридоров «Европа – Азия», «Север – Юг». Основными станциями назначения на Октябрьской железной дороге являются Лужская, Автово, Костомукша – товарная, Шушары и Бусловская. Почти 80% груженых вагонов, поступающих на Октябрьскую дорогу, идут на экспорт.

Также основными дорогами назначения грузопотока (см. рис. 2) являются: дороги Восточного полигона – 19,1% от общего числа перевозимых груженых вагонов в прямом сообщении, Московская – 12,5% и Северо-Кавказская – 11,2%. На Восточном полигоне основными грузовыми коридорами являются Бам и Транссиб. Московская железная дорога граничит с Белоруссией и Украиной. Северо-Кавказская железная дорога имеет сухопутные границы со странами Азербайджан и Абхазия и выход к крупным торговым портам Черного, Азовского и Каспийского морей. Основными направлениями грузопотоков являются Рыбное – Новороссийск, Челябинск – Новороссийск, Рыбное – Дербент.

Детальное рассмотрение направлений грузопотока (см. табл. 1) позволило сгруппировать дороги по максимальному грузовому движению.

Так, например, максимальные вагонопотоки с Приволжской дороги поступают на Северо-Кавказскую и Юго-Восточную дороги, и наоборот, что позволяет объединить три дороги в южную группу, аналогично Северную, Горьковскую Октябрьскую, и Свердловскую дороги объединить в северную группу. Таким образом, при рассмотрении направлений грузовых корреспонденций Южно-Уральской и Куйбышевской дорог, по грузонапряженности они тяготеют к северной группе.

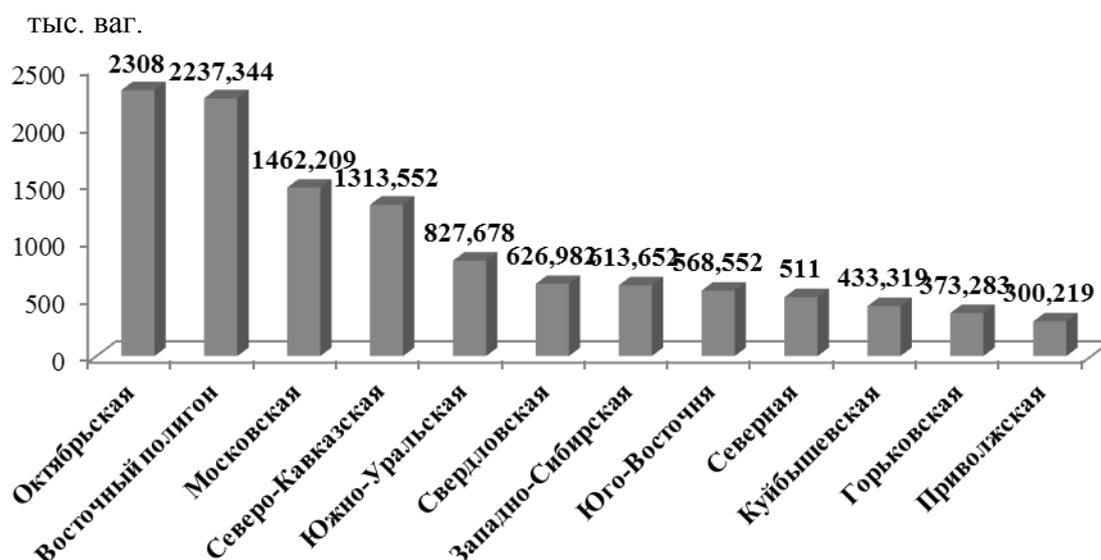


Рис. 2. Количество груженых вагонов, поступившее на железные дороги за 8 месяцев 2017 г.

Таблица 1

Матрица корреспонденций грузопотоков N_{ij} на сети железных дорог за 8 месяцев 2017 года

Дор. назнач Дор. отправ	ОКТ	КЛГ	МСК	ГОР	СЕВ	СКВ	ЮВС	ПРВ	КБШ	СВР	ЮУР	ЗСБ	Вост. полигон
	Тысяч вагонов												
ОКТ	414	7	110	31	254	15	14	44	20	33	36	28	57
КЛГ	2	37	17	2	0	2	4	1	2	1	1	1	0
МСК	130	9	243	31	40	61	40	24	23	28	139	74	162
ГОР	105	3	71	0	33	21	10	16	26	34	12	7	20
СЕВ	279	3	90	26	3	28	13	6	13	47	13	7	12
СКВ	11	1	40	8	8	259	56	64	26	22	13	8	12
ЮВС	48	13	162	15	28	173	75	33	22	16	27	14	25
ПРВ	54	2	52	17	13	268	47	12	25	9	7	4	13
КБШ	159	11	66	43	20	154	32	37	3	34	60	21	27
СВР	373	9	86	114	38	82	22	14	93	15	92	74	86
ЮУР	93	6	107	60	20	104	30	38	150	245	225	47	30
ЗСБ	529	25	250	13	39	107	217	6	11	87	139	108	786
Вост. полигон	111	11	168	13	15	40	9	5	19	55	64	220	1008

На основе матрицы определяем потенциал междорожных корреспонденций для основных направлений сети железных дорог России к крупным выгрузочным районам (морским портам), приняв за N_{ij} – количество погруженных вагонов на железной дороге i назначением на железную дорогу j (тыс. ваг.). Максимальный грузопоток зарождается на станциях Западно-Сибирской дороги (ЗСБ). Основными дорогами выгрузки являются Октябрьская (ОКТ), Московская (МСК) и Северо-Кавказская (СКВ) железные доро-

ги. Поэтому необходимо определить суммарное количество отправленных груженых вагонов с установленной последовательностью прохождения железных дорог между-дорожными корреспонденциями ЗСБ – ОКТ, ЗСБ – МСК, ЗСБ – СКВ (см. рис. 3).

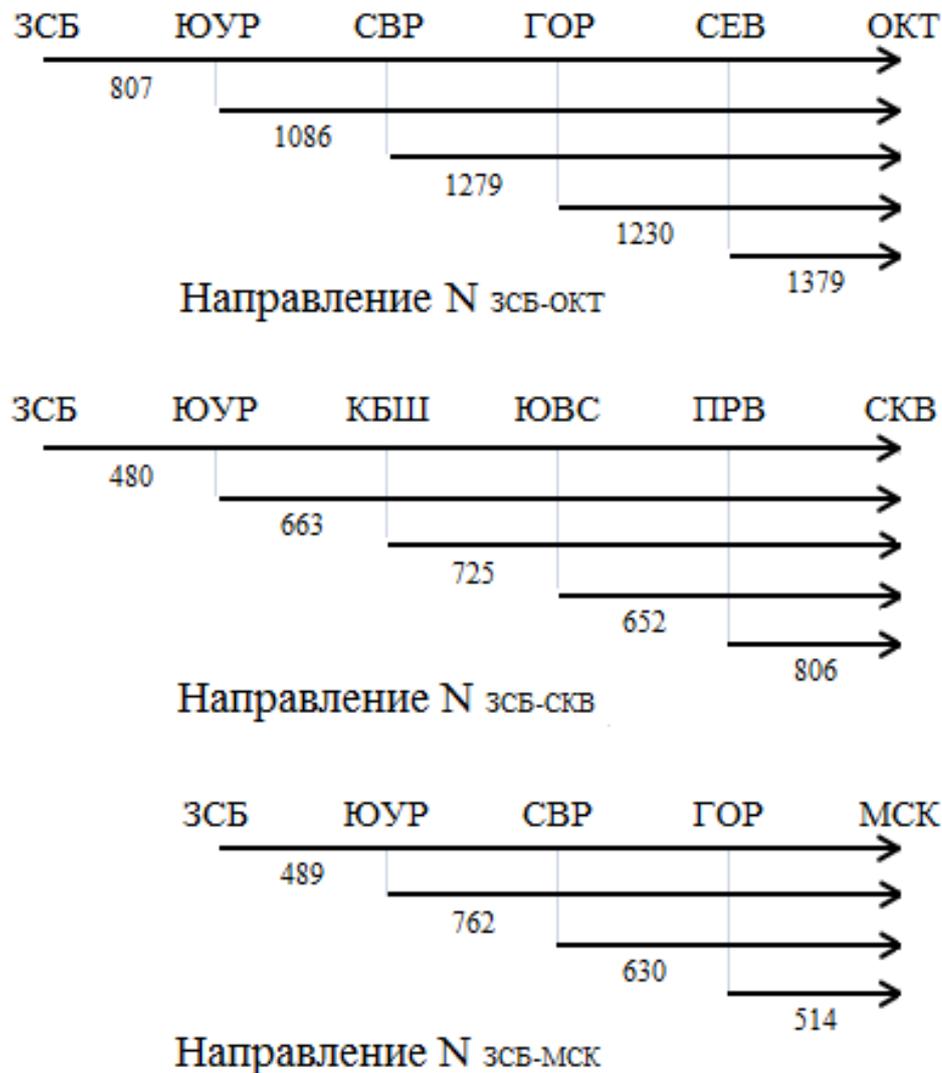


Рис. 3. Потенциал междорожных корреспонденций по основным сетевым направлениям

Между Западно-Сибирской и Октябрьской дорогами организовано тяжеловесное движение на участке Кузбасс – Северо-Запад. В сутки на станцию Лужская Октябрьской дороги поступает 20 поездов массой 6000-9000 тонн.

Учитывая организацию высокоскоростного пассажирского движения в рамках проекта Москва – Адлер (Центр – Юг), и наибольший грузопоток с Московской дороги в южном направлении, Московская, Приволжская Северо-Кавказская и Юго-Восточная дороги должны иметь единое управление. Рассмотрев основные направления грузового движения, можно прийти к выводу. Западную часть российских железных дорог можно разделить на два полигона: Северный (Октябрьская, Северная, Свердловская, Горьковская, Южно-Уральская, Западно-Сибирская и Куйбышевская железные дороги) и Южный (Московская, Северо-Кавказская, Юго-Восточная, Приволжская железные дороги).

Такое объединение дорог в полигоны учитывает только направление грузопотоков. В дальнейшем будет необходимо рассмотреть использование на этих полигонах тягового подвижного состава. Так как «в отличие от Восточного полигона, в западной части сети дорог по-прежнему используются различные серии локомотивов, что влечет за собой непроизводительные потери» [3].

С постоянным увеличением спроса на перевозки главной задачей для перевозчика является повышение пропускной и провозной способности железных дорог в целях ускорения передвижения грузов и пассажиров, доставка грузов к месту назначения в установленный срок. В связи с этим предлагаемая технология по созданию на сети железных дорог России полигонов позволит не только устранить многие «барьерные места» на сети железных дорог, но и рационально использовать тяговые и трудовые ресурсы.

Библиографический список

1. Стратегия развития железнодорожного транспорта в Российской Федерации до 2030 года (Распоряжение Правительства Российской Федерации №877-р от 17 июня 2008 года) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_92060.
2. Методика определения границ полигонов управления перевозочным процессом с учетом принципов клиентоориентированности, а также технических, технологических, организационных, социальных и других факторов : утв. ОАО «РЖД» от 14 апреля 2017 года №612.
3. Сергеенко О. Передовые технологии управления перевозочным процессом движутся на запад [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.gudok.ru/freighttrans/?ID=1372760>.
4. Прорывные управленческие технологии на железнодорожном транспорте: монография / А.Е. Красковский, В.В. Фортунатов. – Санкт-Петербург : ПГУПС; Москва : УМЦ по образ. на ж.д. трансп., 2012. – 340 с.
5. Аникеева-Науменко Л.О. Методы повышения эффективности использования вагонов грузового парка на железнодорожном транспорте // Диссертация на соискание учёной степени кандидата экономических наук Москва, 2014. – 190 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/metody-otsenki-ekonomicheskoy-effektivnosti-povysheniya-kachestva-ispolzovaniya-gruzovyh-vagonov-dlya-uchastnikov-perevozhnogo>.

УДК 656.22

УСТАНОВЛЕНИЕ НОРМАТИВОВ ВРЕМЕНИ НА ПОДГОТОВКУ СОСТАВОВ В РЕЙС И ЭКИПИРОВКУ В УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПАССАЖИРСКИХ ПОЕЗДОВ ДАЛЬНЕГО СЛЕДОВАНИЯ СО СХЕМАМИ ПОСТОЯННОГО ФОРМИРОВАНИЯ

Пазойский Ю.О.¹, Савельев М.Ю.¹, Кубрак А.А.², Куртикова Э.Р.¹

¹ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет транспорта (МИИТ)» (Москва)

² Юго-Восточный филиал акционерного общества «Федеральная пассажирская компания» (Воронеж)

1. Оценка действующих нормативов времени на подготовку в рейс и экипировку составов пассажирских поездов дальнего следования

Качество подготовки составов зависит от уровня оснащения пассажирской технической станции (ПТС), её емкости, количества обрабатываемых составов и принятой технологии работы. Количество составов, одновременно находящихся на ПТС, опреде-

ляется расписаниями движения, схемами обращения поездов и принятой системой организации увязки составов пассажирских поездов по начально-конечным станциям. Анализ графиков оборота составов пассажирских поездов в крупных узлах показал, что время простоя составов на ПТС превышает установленные типовым технологическим процессом нормы в 2-3 раза, например, в Московском узле время занятия путей на ПТС по графику превышает время занятия путей согласно технологическому процессу для поездов своего формирования в 1,5-2,5 раза, для оборачивающихся – в 1,5-3,5 раза (см. табл. 1). Уменьшив время стоянки составов до технологически необходимого, можно значительно снизить потребность в путевом развитии ПТС и в подвижном составе.

Таблица 1

Простой составов пассажирских поездов по крупным узлам

Наименование станций	Средний простой составов по станции формирования	Превышение нормативного простоя		Средний простой составов по обороту, час.	Превышение нормативного простоя	
		час.	%		час.	%
Москва-Ярославская	16,24	8,24	103	12,20	6,20	103
Москва-Казанская	15,51	7,51	94	9,80	3,80	63
Москва-Киевская	15,90	9,90	165	7,29	3,29	82
Москва-Октябрьская	15,70	9,70	161	11,02	7,02	176
Москва-Павелецкая	–	–	–	9,64	5,64	141
Москва-Курская	12,54	4,54	55	13,38	9,38	234
Москва-Белорусская	13,72	5,72	71	10,19	6,19	154
Москва-Рижская	–	–	–	12,53	8,53	213
Санкт-Петербург-Главный	16,50	8,50	106	11,73	7,73	193
Санкт-Петербург-Финляндский	12,65	6,65	111	3,58	0,58	19
Санкт-Петербург-Витебский	17,08	9,08	114	8,83	4,93	123
Санкт-Петербург-Варшавский	13,56	5,56	69	–	–	–
Новосибирск-Главный	17,92	9,92	124	13,34	7,34	122

Нормативы времени на подготовку состава в рейс и его экипировку установлены распоряжениями ОАО «РЖД» от 17 октября 2006 г. № 2086р «О нормативах для составления графика движения пассажирских поездов» и от 20 октября 2008 г. № 2194р «Об утверждении типового технологического процесса работы пассажирской станции» [1].

В настоящее время нормативы составлены в зависимости от времени в пути следования и количества вагонов в составе поезда. Для проведения анализа и оценки существующих нормативов были составлены графики полного цикла операций по средним значениям (см. рис. 1 и 2).

Проведенное натурное обследование вагонных пассажирских депо московского узла показало, что в связи с обновлением парка пассажирских вагонов и с обновлением оборудования для проведения технического обслуживания, цикл операций в пунктах формирования и оборота несколько изменился. Так, в пунктах формирования и оборота необходимо пересмотреть длительность и возможность параллельного выполнения

Операция	Время, мин	
Первая группа операций – операции, производимые до переформирования состава		
Удаление мусора из вагона и экипировка вагонов топливом, перестановка состава из перронного парка в парк приема технической станции	60	
Операции в парке приема технической станции		
Ограждение состава – до 5 мин	5	
Санитарно-эпидемиологический контроль (СЭК) вагонов, санитарная обработка вагонов и оформление документов на отцепку вагонов в пункт дезинфекционной обработки, контроль технического состояния вагонов и оформление результатов осмотра форм ВУ-15, ВУ-23	25	
Подключение состава к колонке высоковольтного отопления производится параллельно операции СЭК	25	
Снятие ограждения состава – до 5 мин	5	
Прохождение состава через вагонмоечный комплекс (ВМК) и обработка санузлов вагонов (без ЭЧТ)	27	
Вторая группа операций заключается в переформировании состава		
Типовые нормативы времени на переформирование состава	20	
Подача состава в ремонтно-экипировочное депо (РЭД) с расцепкой и его разделением определяется в зависимости от схемы формирования состава, длины путей РЭД, длины маневровых полурейсов и др. факторов	9	
Ограждение состава – до 5 мин	5	
Третья группа операций заключается в подготовке состава в рейс		
Технический осмотр ТО-1 частей и систем вагонов, а также текущий ремонт вагонов, выгрузка из вагонов использованного постельного белья, передача вагонов от поездной бригады бригаде экипировщиков	43	
Уборка вагонов, заправка вагонов водой, экипировка постельными принадлежностями и инвентарем	262	
Передача вагонов бригадой экипировщиков поездной бригаде	37	
Снятие ограждения – до 5 мин	5	
Окончание формирования, включение в состав вагонов-ресторанов, вагонов из дезинфекции, вагонов из резерва, почтовых и багажных вагонов, вагонов из отцепочного ремонта	20	
Четвертая группа операций включает прием состава поезда перед отправлением его в рейс		
Ограждение состава в парке отправления – до 5 мин	5	
Прием состава поезда	37	
Снятие ограждения – до 5 мин	5	
Перестановка сформированного состава из парка отправления технической станции на путь отправления пассажирской станции под посадку	7	
Всего времени	577	

Рис. 1. Технологический график времени нахождения состава в пункте формирования без учета времени стоянки под посадкой/высадкой пассажиров

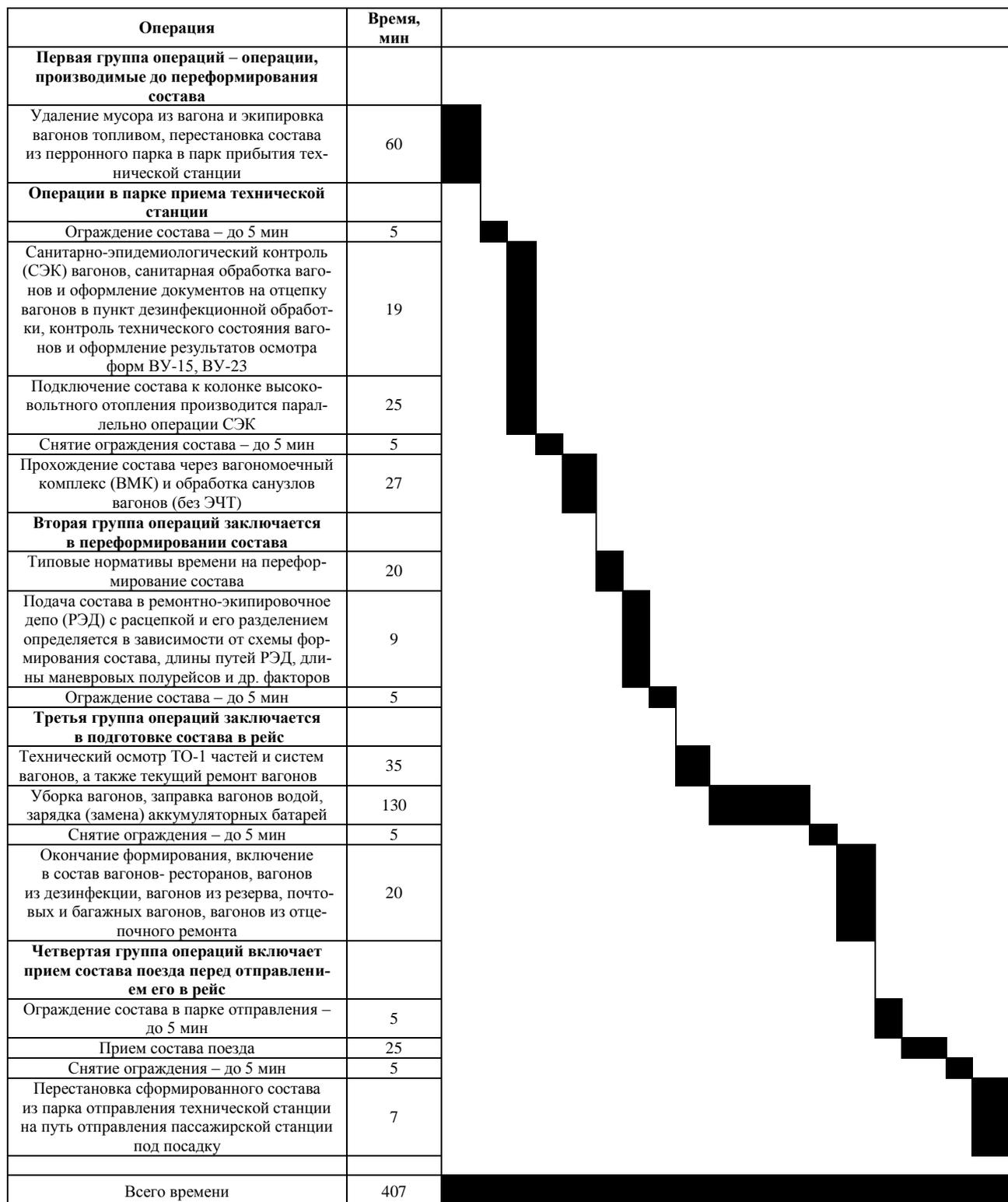


Рис. 2. Технологический график времени нахождения состава в пункте оборота по средним значениям без учета времени стоянки под посадкой/высадкой пассажиров

таких операций, как удаление мусора из вагона и экипировка вагонов топливом, подключение состава к колонке высоковольтного отопления, прохождение состава через вагономоечный комплекс (ВМК) и обработка санузлов вагонов без ЭЧТ (для

пунктов оборота) и т.д. Также необходимо предусмотреть возможность сокращенного цикла операций в пунктах оборота для составов участвующих в общем обороте.

Кроме того, при переходе к поездам с составами постоянного формирования необходимо пересмотреть весь цикл операций и определить возможность сокращения общего времени нахождения пассажирских составов на станциях формирования и оборота [2]. В первую очередь, это касается сокращения затрат на маневровые операции по переформированию пассажирских составов на путях пассажирской технической станции за счет формирования составов из вагонов с одинаковым накатом на плановые, отцепочные виды ремонта.

Так как при нахождении в пунктах оборота и формирования состав проходит только ТО-1, то рассматривать другие технологические циклы ремонтов и технического обслуживания в рамках вопроса нормирования времени нахождения составов пассажирских поездов дальнего следования на пассажирской технической станции не имеет смысла.

Для поездов местного сообщения (следующих на расстояние до 700 км) с вагонами для сидения (кроме скоростных) перечень технологических операций также может быть сокращен. Между несколькими циклами оборотов могут производиться операции, характерные для транзитных поездов при смене локомотива и (или) локомотивной бригады.

Кроме того, при недостатке путей в техническом парке или на пассажирской технической станции, либо при их отсутствии, допускается в соответствии с Техническо-распорядительным актом и графиком занятия путей станции производить экипировку водой, техническое обслуживание и отстой составов конечных пассажирских поездов на свободных путях перронного парка станции.

К основным недостаткам существующей технологии подготовки пассажирских поездов можно отнести [3]:

- единый подход к исполнению нормирования технологических операций без учёта технических и технологических особенностей подвижного состава (поезда постоянного формирования, на дисковых или колодочных тормозах, с/без ЭЧТК, с/без электроотопления);
- отсутствие вариантных схем обслуживания с учётом времени и пройденного расстояния в обороте (рейсе) и недостаточное использование предусмотренных в действующем нормативе средств для сокращения временных затрат;
- отстой подготовленных поездов вне пассажирских технических станций, ранняя подача поездов на пассажирские станции;
- нерациональное использование существующих путей пассажирских технических станций.

Отдельное внимание следует уделить сокращению времени перепростоя подготовленных поездов, используя их общий оборот.

Кроме того, необходимо пользоваться уже предусмотренной возможностью в нормативах провести оптимизацию временных затрат на нахождение поездов в пунктах формирования и оборота.

2. Нормативы времени на подготовку пассажирских составов в рейс и экипировку в пункте формирования при эксплуатации пассажирских поездов со схемами постоянного формирования

Переход к работе с жесткими схемами составов, подразумевает работу с составами постоянного формирования. Применения такой технологии должно

значительно повысить эффективность работы подвижного состава, пунктов технического обслуживания и пассажирских станций. На рис. 1 приведен технологический график обработки составов в пунктах формирования. По данному графику хорошо видно, какие операции следуют друг за другом, а какие выполняются параллельно. Таким образом можно сделать следующие корректировки в графике.

1. Операции по удалению мусора из вагонов можно выполнять параллельно с операциями по контролю технического состояния вагонов, так как данные операции могут выполняться в парке приема технической станции поездной бригадой. Тогда норматив на выполнение данной операции не будет превышать 20 минут (результаты натурного обследования).

2. Операции по экипировке вагонов топливом логично проводить в ремонтно-экипировочном депо (РЭД) параллельно с операциями уборки вагонов, заправки вагонов водой, экипировке постельными принадлежностями и инвентарем, что приведет к сокращению общего цикла операций в среднем на 60 минут.

3. Операции по переформированию составов можно исключить из общего цикла. Технология использования унифицированных схем составов пассажирских поездов подразумевает использование постоянных схем формирования, а также необходимость формирования составов из вагонов с одинаковым накатом на длительные виды ремонта, что исключает необходимость в переформировании составов. При этом остается риск внепланового отцепочного ремонта вагонов, отцепка вагонов на дезинфекцию, а также других внеплановых операций, требующих отцепки вагонов. Проведенный анализ по внеплановым отцепкам вагонов от состава поезда на станциях Николаевка, Москва-Пассажирская, Москва-Павелецкая показал, что вероятность отцепки одного вагона составляет от 0,02 до 0,13 на один поезд, для двух вагонов соответственно 0,01-0,06, и так далее. На основании этого можно сделать вывод, что вероятность внеплановой отцепки двух и более вагонов из состава поезда мала, и тогда в технологическом цикле необходимо предусмотреть отцепку только одного вагона. Тогда данную операцию можно будет выполнить при подаче состава в РЭД с последующей его расцепкой, что не приведет к увеличению времени нахождения состава в пункте формирования или оборота.

В соответствии с вышеперечисленными поправками в технологический цикл операций на станции формирования нормативное время пребывания составов можно сократить на 80-100 минут и в среднем составит 480 минут.

3. Нормативы времени на подготовку пассажирских составов в рейс и экипировку в пункте оборота при эксплуатации пассажирских поездов со схемами постоянного формирования

При переходе к технологии организации пассажирских перевозок дальнего следования с унифицированными схемами составов технологический цикл операций по подготовке составов в рейс и экипировке в пункте оборота должен предусматривать различные варианты обслуживания составов, а именно: подготовка составов в рейс на путях технического парка пассажирской станции (полный цикл операций) и подготовка составов в рейс на путях перонного парка пассажирской станции (сокращенный цикл операций). При этом необходимо ввести ограничения по времени в пути следования и техническим устройствам станции для сокращенного цикла операций.

Рассмотрим, как изменится технологический график подготовки составов в рейс и экипировки при введении постоянных схем формирования на путях технического парка пассажирской станции (полный цикл операций). Данный норматив времени должен использоваться, когда в графике движения на станции оборота запланирована длительная стоянка состава (от 6 часов и более). Тогда, основываясь на

технологическом графике времени нахождения состава в пункте оборота по средним значениям (см. рис. 2) проведем корректировку норматива времени в пункте оборота:

1. Операции по удалению мусора из вагонов можно выполнять параллельно с операциями по контролю технического состояния вагонов, так как данные операции могут выполняться в парке приема технической станции поездной бригадой. Тогда норматив на выполнение данной операции не будет превышать 20 минут (результаты натурного обследования).

2. Операции по экипировке вагонов топливом можно выполнять только в пунктах формирования, так как расход топлива в пути следования почти не производится и его запаса может хватить на несколько рейсов. В связи с этим целесообразно данную операцию исключить из цикла операций на станции оборота.

3. Операции по переформированию составов в пункте оборота не предусматривается, поэтому операции по переформированию составов, включению в состав вагонов-ресторанов целесообразно исключить из цикла операций в пункте оборота.

4. Операции по проведению ТО-1 и уборку вагонов, заправку вагонов водой, зарядку аккумуляторных батарей можно проводить параллельно.

Соответственно перечисленные мероприятия, позволят сократить время нахождения состава в пункте оборота на 80-90 минут и составит в среднем 335 минут.

При разработке графика увязки составов в общий оборот часто возникает ситуация, когда для оптимизации числа составов в обороте необходимо сократить время пребывания пассажирских составов в пунктах оборота [4]. В связи с этим необходимо рассмотреть технологический график времени нахождения составов в пунктах оборота при использовании унифицированных схем составов для сокращенного цикла операций, но при этом не противоречащего правилам и нормам безопасности. То есть сокращенный цикл операций можно применять в случае, если не превышен норматив пробега состава до следующего ТО-1 и не превышен норматив непрерывной работы поездной бригады. Рассмотрим два варианта сокращенного цикла операций в пункте оборота: на путях перронного парка и на путях технического парка пассажирской станции (технической пассажирской станции).

В первом случае, возможно сократить общее время пребывания в пункте оборота за счет следующих операций:

1. Данный цикл операций предусматривается в пунктах оборота, где нет технического оснащения для подготовки составов в рейс на перронных путях. Тогда для сокращения времени на перестановки, целесообразно выполнять все операции в одном парке (парк приема, технический парк, парк отправления – где позволяет техническое оснащение) без дополнительных перестановок, что позволит существенно сократить общий норматив времени на весь цикл операций.

2. Прохождение состава через вагономоечный комплекс (ВМК) и обработка санузлов вагонов (без ЭЧТ) при сокращенном цикле операций, возможно исключить.

3. Технический осмотр ТО-1 частей и систем вагонов, а также текущий ремонт вагонов, уборку вагонов, заправку вагонов водой при сокращенном цикле операций целесообразно проводить в техническом парке пассажирской станции, без перестановок состава в РЭД.

4. Операции по окончанию формирования, включение в состав вагонов-ресторанов, вагонов из дезинфекции, вагонов из резерва, почтовых и багажных вагонов, вагонов из отцепочного ремонта при сокращенном цикле операций также можно исключить, так как в данном случае переформирование состава не предусматривается.

5. Так как все операции по подготовке составов в рейс выполняются в одном парке, то операции по техническому контролю составов, подключение состава к колонке высоковольтного отопления, технический осмотр ТО-1 частей и систем вагонов, а также текущий ремонт вагонов, уборка вагонов и заправка вагонов водой могут выполняться параллельно.

Технологический график времени нахождения состава в пункте оборота на путях технического парка пассажирской станции при использовании унифицированных схем составов (сокращенный цикл операций) представлен на рис. 3.

№ п/п	Наименование операции	Время (мин)	
	Перестановка состава из перонного парка в технический парк	7	
1	Ограждение состава	5	
2	Санитарно-эпидемиологический контроль (СЭК) вагонов, санитарная обработка вагонов, контроль технического состояния вагонов и оформление результатов осмотра форм ВУ-15, ВУ-23 (выполняется параллельно с операцией 1)	19	
3	Подключение состава к колонке высоковольтного отопления производится параллельно операции СЭК	25	
4	Технический осмотр ТО-1 частей и систем вагонов, а также текущий ремонт вагонов	35	
5	Уборка вагонов, заправка вагонов водой	130	
6	Прием состава поезда перед отправлением	25	
7	Снятие ограждения	5	
8	Перестановка сформированного состава из парка отправления технической станции на путь отправления пассажирской станции под посадку	7	
	Всего времени	179	

Рис. 3. Технологический график времени нахождения состава в пункте оборота по средним значениям при унифицированных схемах составов (сокращенный цикл операций) на путях технического парка пассажирской станции без учета времени на посадку/высадку пассажиров

Общий цикл операций по подготовке составов в рейс в пункте оборота на путях перонного парка будет иметь идентичный вид, как на рис. 3 кроме операций по перестановке состава на пути технического парка пассажирской станции. Тогда общее время по средним значениям составит 165 минут.

Таким образом, установление нормативов времени нахождения составов в пунктах формирования и оборота в условиях эксплуатации пассажирских поездов дальнего следования со схемами постоянного формирования позволила оценить возможность сокращения продолжительности нахождения пассажирских составов на головных станциях. Результаты показали, что при использовании схем постоянного формирования возможно добиться сокращения времени стоянки в пунктах:

- формирования на 10%;
- оборота по полному циклу операций на 15-20%;
- оборота по сокращенному циклу операций на путях технического парка пассажирской станции на 50-55% от общего времени;
- оборота по сокращенному циклу операций на перронных путях пассажирской станции на 60% от общего времени.

Библиографический список

1. Распоряжение ОАО «РЖД» от 17 октября 2006 г. № 2086р «О нормативах для составления графика движения пассажирских поездов» и от 20 октября 2008 г. № 2194р «Об утверждении типового технологического процесса работы пассажирской станции».

2. Пазойский Ю.О. Унификация схем составов пассажирских поездов дальнего сообщения / Ю.О. Пазойский, М.Ю. Савельев, А.Ю. Милков // Транспорт: Наука, Техника, Управление. – Москва, 2015. – №5.

3. Пазойский Ю.О. Пассажирские перевозки на железнодорожном транспорте (примеры, задачи, модели, методы и решения): учебное пособие / Ю.О. Пазойский, В.Г. Шубко, С.П. Вакуленко. – М.: ГОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2015. – 342 с.

4. Пазойский Ю.О. Увязка составов пассажирских поездов разных назначений в общий оборот / Ю.О. Пазойский, М.Ю. Савельев, А.Ю. Милков // Транспорт: Наука, Техника, Управление. – Москва, 2015. – №9.

УДК 656.2

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ВРЕМЕНИ ХОДА ПОЕЗДОВ ДЛЯ ЗАДАЧИ ОПЕРАТИВНОГО ПОДВОДА ПОЕЗДОВ К ПРИПОРТОВЫМ СТАНЦИЯМ

Рыбин П.К.¹, Горин Р.В.²

¹ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I» (Санкт-Петербург)

² Октябрьская железная дорога – филиал ОАО «РЖД» (Санкт-Петербург)

1. Постановка задачи

В основе обеспечения взаимодействия железной дороги и морских портов лежит система синхронного планирования подвода поездов с грузами на припортовые станции и организации местной работы. Важной составной частью такого планирования является точное знание времени выполнения не только технологических операций, но и времени самого подвода поездов со станций их текущего месторасположения к станции назначения. С одной стороны, оно определяется нормативными временами хода поездов по участкам, заложенными в графике движения поездов. Но в условиях оперативной работы, вследствие воздействия различных факторов, нормативные времена могут не иметь ничего общего с реальными. Для повышения качества планирования и в качестве поддержки принятия решений оперативно-диспетчерским персоналом предлагается для прогнозирования времен хода поездов по участкам использовать искусственные нейронные сети (ИНС).

2. Выбор структуры искусственной нейронной сети

Выбор структуры искусственной нейронной сети для прогнозирования обуславливается спецификой и сложностью решаемой задачи. Существует два основных подхода к выбору оптимальной структуры нейронной сети – конструктивный и деструктивный. При использовании конструктивного метода процесс обучения начинается с небольшого числа нейронов, которое постепенно увеличивается, пока не будет достигнут оптимальный результат. В деструктивном методе обучение, наоборот, начинается с заведомо избыточного для решения поставленной задачи количества нейронов, которое постепенно уменьшается. Также стоит отметить возможность использования генетических алгоритмов для оптимизации структуры ИНС [1]. В мировой науке для решения ряда задач разработаны оптимальные конфигурации нейронных сетей [2, 3], однако на железнодорожном транспорте в настоящий момент использование ИНС носит теоретический характер, в частности [4-7].

Для получения качественного прогноза необходимо подбирать структуру нейронной сети таким образом, чтобы учитывать определенные особенности прогнозируемого временного ряда, такие, как его динамика, периодичность колебаний, величина колебаний. В настоящем исследовании представлен метод выбора оптимальной структуры нейронной сети, являющийся развитием предложенного в работах [4, 5], состоящий из следующей последовательности шагов:

1. Количество нейронов входного слоя находится на основании спектрального анализа Фурье.
2. Количество нейронов выходного слоя принимается равным горизонту прогнозирования, т.е. количеству значений, которое необходимо спрогнозировать.
3. Оптимальное количество нейронов скрытого слоя находится с использованием генетических алгоритмов.

С помощью одномерного спектрального анализа Фурье в структуре временного ряда определяется пик отклонений от тренда, что позволяет рассчитать длительность периодической компоненты ряда.

Сезонные колебания, разложенные в ряд Фурье, имеют вид:

$$y_t = \sum_{k=1}^{\infty} (u_k \cos \omega_k t + v_k \sin \omega_k t) \quad (1)$$

где u_k, v_k – некоррелированные случайные величины с нулевым математическим ожиданием и одинаковыми дисперсиями; w_k – длина волны синуса или косинуса, также называемая частотой, выражается числом циклов (периодов) в единицу времени.

Дисперсия ряда Фурье равна сумме всех гармоник ее спектрального разложения, из чего следует, что она распределена по различным частотам:

$$D(y_t) = D \left[\sum_{k=0}^{\infty} (u_k \cos \omega_k t + v_k \sin \omega_k t) \right] = \sum_{k=0}^{\infty} (u_k \cos \omega_k t + v_k \sin \omega_k t) D_k \quad (2)$$

Графически распределение дисперсии ряда Фурье изображается с помощью периодограммы. Анализ периодограммы заключается в определении частоты или периода с наибольшими спектральными плотностями, которые вносят наибольший вклад в периодические колебания временного ряда, что позволяет определить его основной период колебания.

В данной статье приводятся колебания времен хода поездов по участку Кириши-Лужская (см. рис. 1). Периодограмма колебаний времен следования поездов по перегонам представлена на рис. 2.

Несмотря на ярко выраженную периодичность колебаний на рис. 1, которая вызвана, прежде всего, прохождением нового поезда по участку, можно отметить еще и менее яркие колебания. По результатам спектрального анализа наибольшая спектральная плотность составила 4. Таким образом, по данным рис. 2, можно сделать вывод, что времена хода поездов по участку «повторяются» каждые четыре перегона. Следовательно, для задачи оперативного прогнозирования времен хода поездов по участку количество нейронов входного слоя должно быть кратным 4. В настоящем исследовании оно принимается равным 8.

При условии определения размерности входного и выходного слоев задачу определения оптимальной топологии нейронной сети можно свести к задаче нахождения оптимального количества связей между входными, скрытыми и выходными нейронами при условии минимизации ошибки прогноза. Размерность выходного слоя принимается равной 4 нейронам – то есть по времени прохождения поезда по восьми предыдущим перегонам спрогнозировать время прохождения четырех следующих. В случае данного исследования при использовании неравенства:

$$N \leq N_x + N_y \quad (3)$$

необходимо сгенерировать такое количество ИНС, которое соответствует количеству возможных нейронных сетей при заданных условиях – 11, т.е. от 2 нейронов в скрытом слое до 12, что соответствует практическим рекомендациям формулы (3). С помощью специально разработанного генетического алгоритма для выбора структуры нейронной сети было установлено, что оптимальной архитектурой для поставленной задачи является многослойный персептрон с одним скрытым слоем, количество нейронов во входном слое – 8, в скрытом слое – 8, в выходном слое – 4.

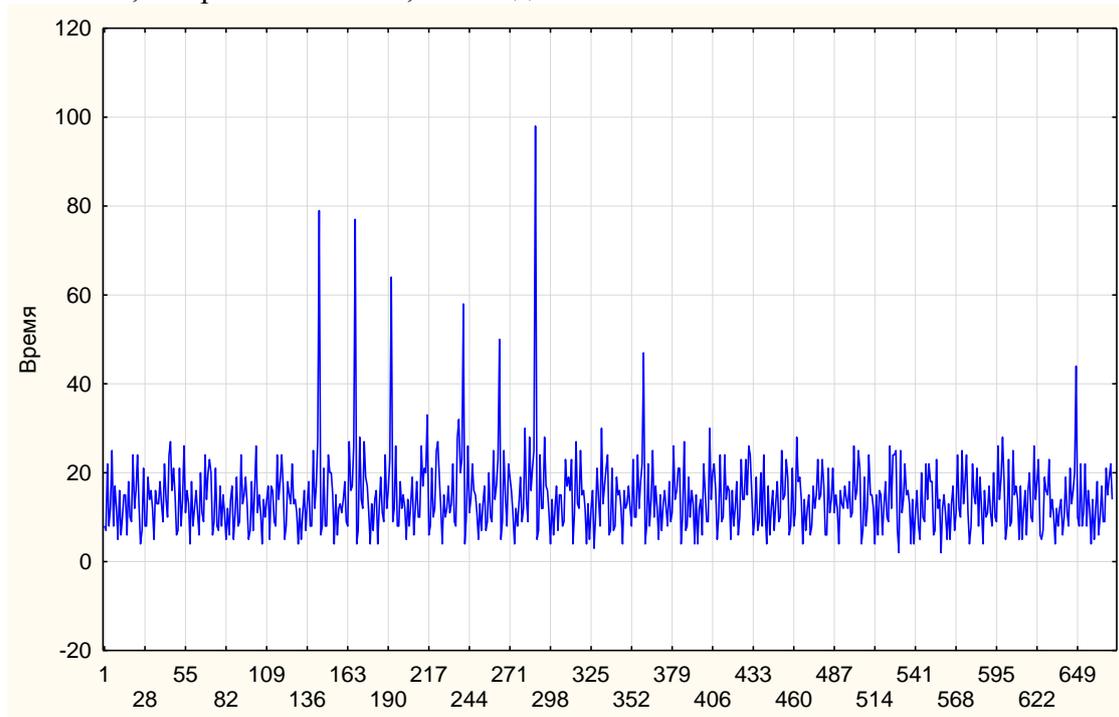


Рис. 1. Времена хода поездов по перегонам участка Кириши-Лужская

3. Определение компонент вектора входных данных

На время следования поезда по участку оказывает влияние великое множество факторов, учесть которые в полном объеме не представляется возможным. В настоящем исследовании при определении компонент входного вектора использовался корреляционный анализ, позволяющий выявить взаимосвязь между различными величинами, такими, как: вес поезда, время хода поезда по участку, длина состава.

Коэффициент корреляции равен отношению корреляционного момента (ковариации) к произведению стандартных отклонений:

$$r = \frac{K_{xy}}{\sigma_x \sigma_y} \quad (4)$$

где для непрерывных случайных величин ковариация определяется как:

$$K_{xy} = \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} (x - m_x)(y - m_y) f(x, y) dx dy \quad (5)$$

стандартные отклонения определяются как:

$$\sigma_x = \sqrt{\int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} (x - m_x)^2 f(x, y) dx dy} \quad (6)$$

$$\sigma_y = \sqrt{\int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} (y - m_y)^2 f(x, y) dx dy} \quad (7)$$

где m_x, m_y – математические ожидания случайных величин x и y ; $f(x, y)$ – плотность распределения случайной величины.

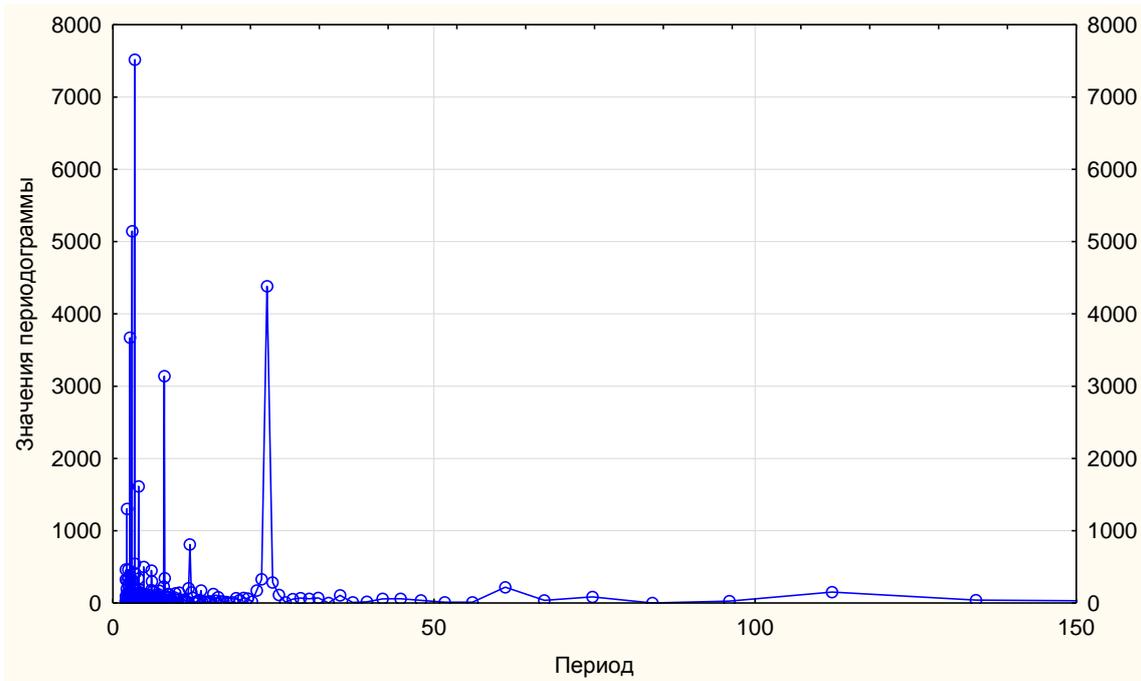


Рис. 2. Периодограмма колебаний времен хода поездов на участке Кириши-Лужская

В табл. 1 приведена интерпретация значений коэффициента корреляции. При этом в зависимости от знака коэффициента корреляции определяется прямая зависимость (положительный r) или обратная (отрицательный r). Результаты корреляционного анализа показателей вес – скорость представлены на рис. 3.

Таблица 1

Интерпретация значений коэффициента корреляции

№ п/п	Значения коэффициента корреляции	Интерпретация значения
1	$ r = 1$	Функциональная зависимость
2	$0,7 \leq r \leq 0,99$	Сильная статистическая взаимосвязь
3	$0,5 \leq r \leq 0,69$	Средняя статистическая взаимосвязь
4	$0,2 \leq r \leq 0,49$	Слабая статистическая взаимосвязь
5	$0,09 \leq r \leq 0,19$	Очень слабая статистическая взаимосвязь
6	$ r = 0$	Взаимосвязь отсутствует

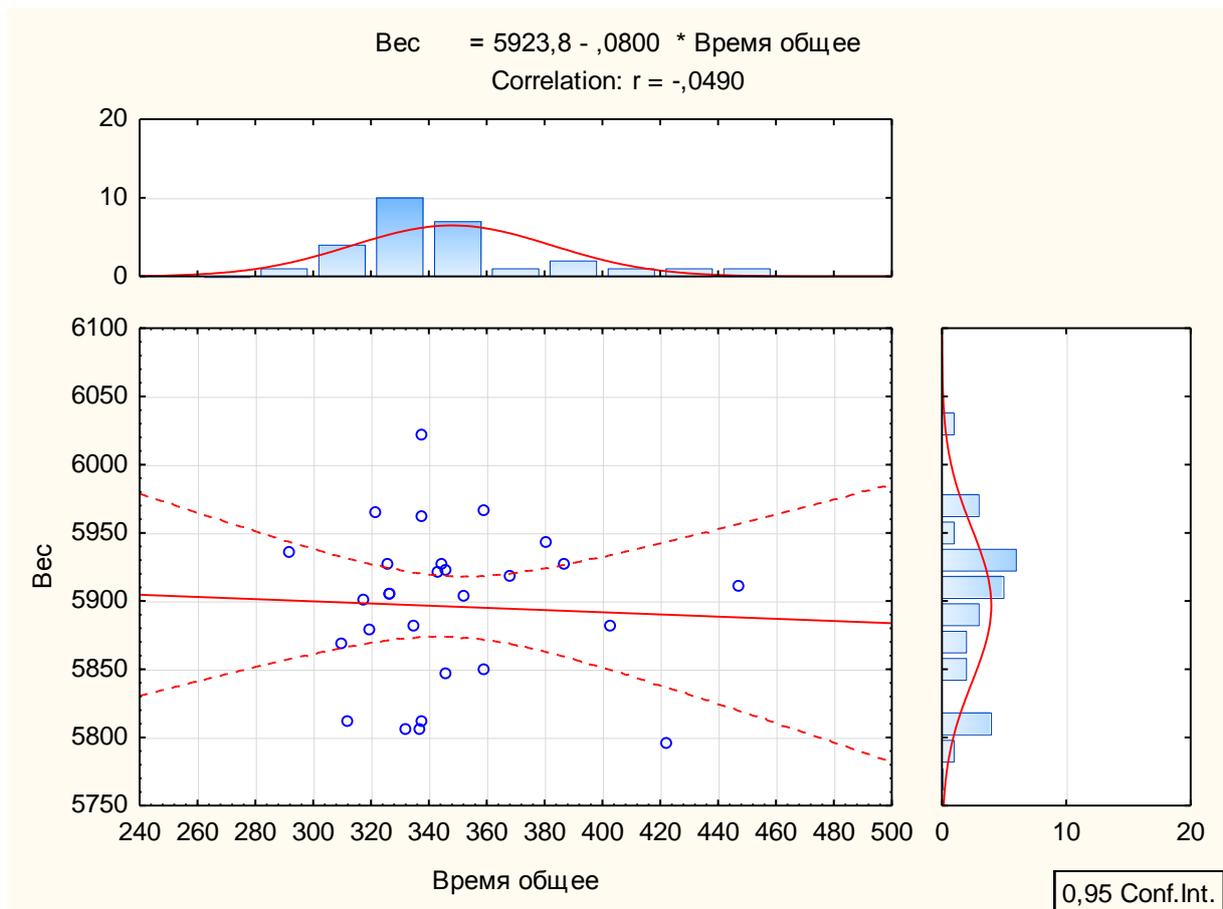


Рис. 3. Результаты корреляционного анализа взаимосвязи показателей вес – время хода

Как видно, значение коэффициента корреляции $r = -0,49$ показывает на наличие обратной слабой статистической взаимосвязи между весом и временем хода поезда по участку. Результаты корреляционного анализа между длиной состава и временем хода поезда представлены на рис. 4. Значение коэффициента корреляции $r = -0,003$ показывает на отсутствие связи между этими показателями. Можно предположить, что подобные результаты обусловлены тем, что статистические данные являются «зашумленными», т.е. на итоговый результат значительное влияние оказывает человеческий фактор – диспетчерское регулирование движения поездов в том числе. В связи с этим в качестве компонент входного вектора данных были выбраны: $T = [t_x, Q_n, x]$, где t_x – время хода поезда по перегону, Q_n – вес поезда, x – логическая переменная, означающая наличие (1) или отсутствие (0) предупреждений на ограничение скорости.

4. Обучение нейронной сети и прогноз времен хода поездов

Разработка ИНС для прогнозирования времен хода поездов по участку осуществлялась в системе инженерных расчетов MatLab фирмы Mathsoft. Задача – спрогнозировать время движения поезда на четыре перегона вперед на основании времен движения по восьми предыдущим перегонам. Обучение нейронной сети осуществлялось методом обратного распространения ошибки (back propagation). Функция активации нейрона – сигмоидная (логистическая) функция с несимметричной областью изменений, которая в силу своих особенностей (монотонно возрастающая и имеющая непрерывную производную) позволяет очень хорошо преобразовывать нелинейные функции.

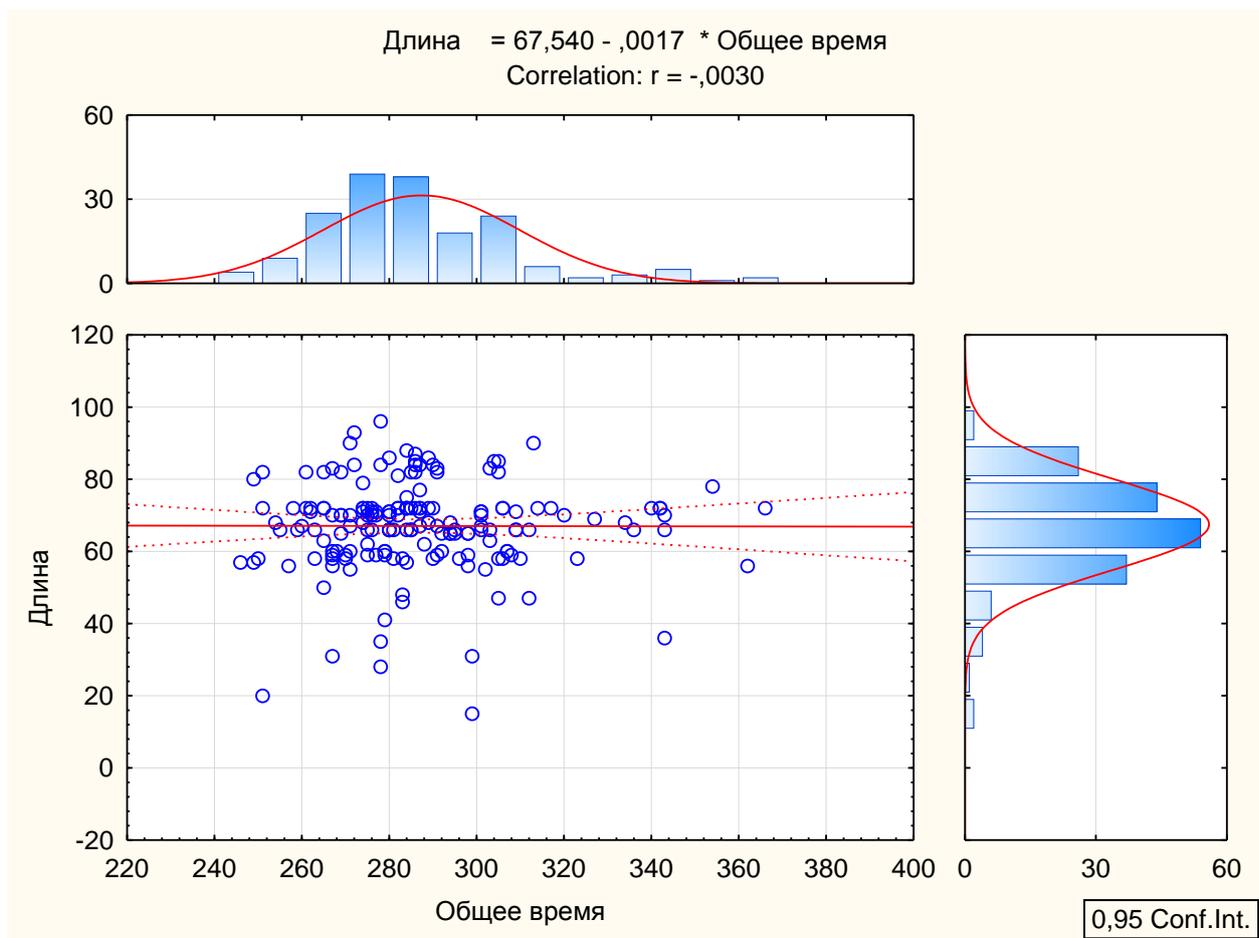


Рис. 4. Результаты корреляционного анализа взаимосвязи показателей длина – время хода

Перед началом обучения данные нормировались относительно диапазона [min; max] по формуле:

$$t_{\text{норм}} = \frac{t - t_{\text{min}}}{t_{\text{max}} - t_{\text{min}}} \quad (8)$$

Выражение (8) обеспечивает приведение данных к диапазону [0;1], что повышает качество прогноза, поскольку сигмоидная функция активации изменяется в том же диапазоне. Если на вход будут поданы ненормированные данные, изменяющиеся в другом диапазоне, это может вызвать попадание их в зону нечувствительности функции активации, и, как следствие, плохой аппроксимации данных нейронной сетью.

Всего сеть обучалась на выборке из 672 значений времен хода поездов. При этом внутри выборки данные в соответствии с рекомендациями распределялись следующим образом – 70 % (470 значений) – обучающая выборка, 15% (101 значение) – тестовая выборка и 15% (101 значение) – проверочная выборка. Обучение заняло 11 эпох (прогонов), минимальная ошибка аппроксимации на проверочной выборке составила 3×10^{-3} , т.е. всего 0,3 %.

После обучения сети был произведен прогноз времен хода поездов на данных, которые не использовались в процессе обучения сети. Результат прогноза представлен на рис. 5 и в табл. 2.

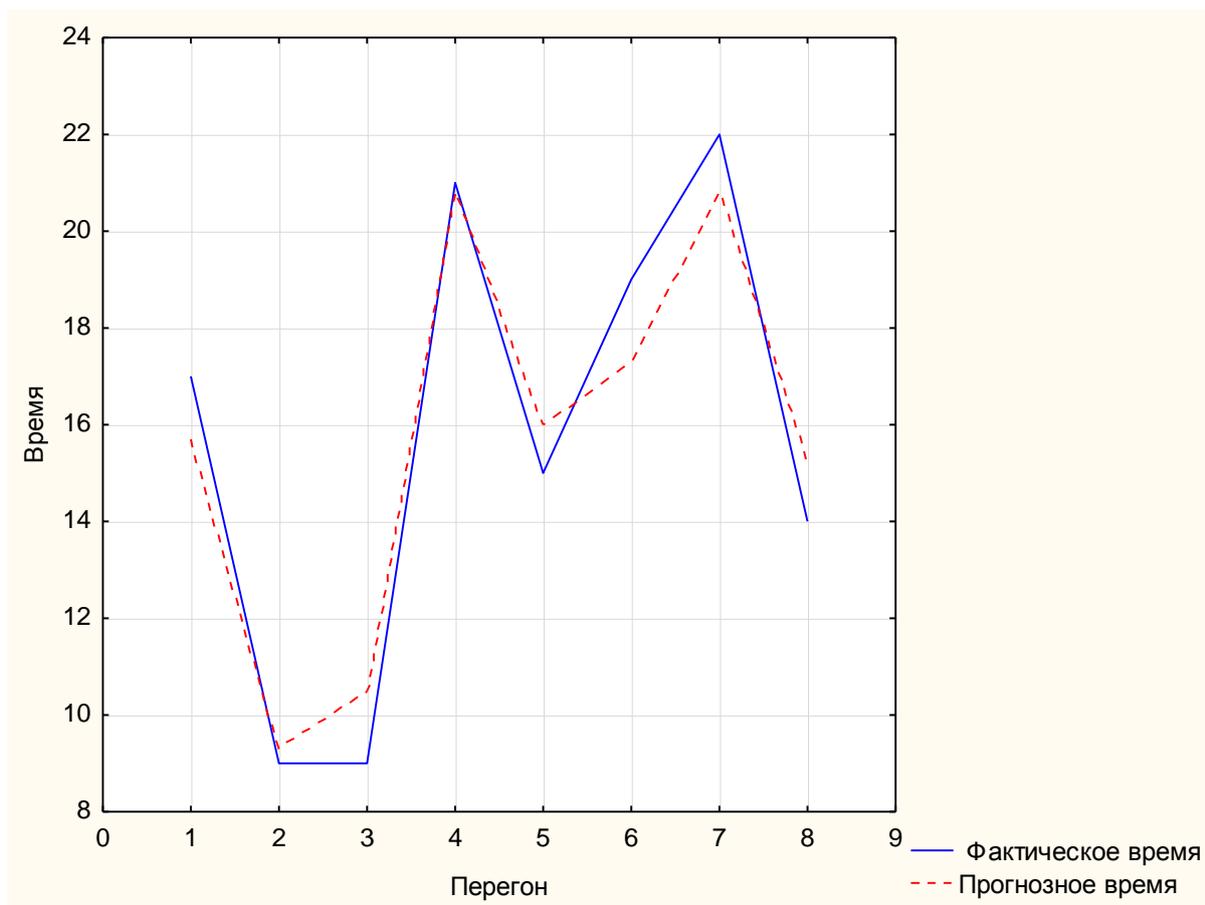


Рис. 5. График прогноза времени хода поездов по перегонам

Таблица 2

Результаты прогноза времен хода поездов по перегонам участка Кириши – Лужская (8 перегонов)

№ перегона	Фактическое время, мин	Прогнозное время, мин (с округлением до десятых)
1	17	15,7
2	9	9,3
3	9	10,5
4	21	20,8
5	15	16
6	19	17,3
7	22	20,8
8	14	15,2

Как видно из рис. 5 и табл. 2, разработанная нейронная сеть обладает способностью к достаточно точному прогнозированию времени хода поездов (максимальная ошибка из табл. 2 – 1,5 мин).

Библиографический список

1. Рутковская Д., Пилиньский М., Рутковская Л. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы. – М.: Горячая линия – Телеком, 2008. – 383 с.

2. Miller G.F., Todd P.M., Hagde S.U. Designing neural network using genetic algorithms // Proceeding of the Third International Conference on Genetic Algorithms and Their Applications, Shaffer J.D., Morgan Kauffmann, San Mateo, CA, 1989, pp. 379-384.

3. Shaffer J. D., Caruana R.A., Eshelma`n L.J. Using genetic search to exploit the emergent behavior of neural networks // Forrest S. (ed.) Emergent Computation, Amsterdam: North Holland, 1990, pp. 244-248.

4. Рыбин П.К., Ахмедов Р.Р., Бадецкий А.П., Медведь О.А. Использование искусственной нейронной сети в целях прогнозирования поступления вагонов в порт // Известия Петербургского Университета путей сообщения. – 2015. – Вып. 1. – С. 57-64.

5. Бадецкий А.П., Медведь О.А. Использование самонастраивающихся нечетких моделей для принятия решений о корректировке назначений плана формирования поездов // Транспорт России: проблемы и перспективы – 2016. Материалы международной научно-практической конференции. – 2016. – С. 221-225.

6. Лыиков М.Г., Ольшанский А.М. О некоторых подходах к прогнозированию прибытия поездов на сортировочные станции // Вестник транспорта Поволжья. – 2014. – Вып. 4. – С. 74-81.

7. Железнов Д.В. Прогнозирование размеров движения поездов на участке с применением нейронных сетей // Транспортная инфраструктура Сибирского региона. – 2013. – Т.1. – С. 30-35.

УДК 656.21

МЕТОДИКА РАСЧЕТА КОНСТРУКТИВНЫХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ СОРТИРОВОЧНЫХ УСТРОЙСТВ ДЛЯ МНОГОГРУППНОЙ СОРТИРОВКИ

Сивицкий Д.А.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский государственный университет путей сообщения» (Новосибирск)

Введение

Сортировочная работа является одним из основных элементов технологического процесса железнодорожного транспорта, составной частью которой является сортировка местных вагонов. Организация местной работы влияет на качество взаимодействия между станциями и путями необщего пользования, а также объемы сортировочной работы в узле.

Одним из направлений совершенствования местной работы в узле является формирование многогруппных составов. Увеличение числа групп в формируемых сборных поездах позволяет перенести маневровую работу с промежуточных станций узла на крупные технические станции, сокращая эксплуатационные расходы за счет выполнения сортировки в условиях достаточной технической оснащенности, при этом высвобождая маневровые средства на промежуточных и грузовых станциях. Помимо этого, увеличение детальности подборки составов по грузовым фронтам может быть предложено в качестве услуги владельцам путей необщего пользования, не обладающих достаточным техническим оснащением для эффективного осуществления такой работы самостоятельно. Такая услуга может служить дополнительным источником дохода, отвечая принципам клиентоориентированности.

В настоящее время, выполнение многогруппной подборки ограничено в связи с недостаточными резервами путевого развития на многих крупных технических станциях. Эта проблема может быть решена за счет использования интенсивных способов

многогруппной сортировки вагонов, таких как степенной, комбинаторный и др., позволяющих осуществлять подборку в условиях ограниченного числа путей. Каждому из этих способов соответствует определенный уровень перерабатывающей способности и конструктивные параметры сортировочного устройства. Отсюда возникает задача выбора наиболее рационального способа интенсивной сортировки в зависимости от требуемого уровня перерабатывающей способности при минимальных приведенных затратах. В действующих Правилах и нормах проектирования сортировочных устройств [1] рассматривается только один способ многогруппной сортировки – последовательного выделения групп, что не всегда позволяет получить рациональное проектное решение [2]. Таким образом, совершенствование способов расчета конструктивных параметров сортировочных устройств для многогруппной сортировки вагонов является актуальным направлением научных исследований.

В настоящее время, достаточно распространенной является проблема увеличения объемов повторной сортировки вагонов на грузовых и сортировочных станциях, значительная доля которой приходится на повторную переработку вагонов в сборных и многогруппных поездах. Одним из путей решения этой проблемы является использование специализированных сортировочных устройств для интенсивных способов сортировки вагонов, которые позволят не только выполнять необходимые объемы повторной сортировки, но и увеличить детальность подборки, т.е. число групп в составах. Проблема реализации многогруппной сортировки во многом связана с отсутствием методик определения конструктивных параметров устройства и его перерабатывающей способности для различных способов сортировки. Иными словами, требуется решить задачу обоснования конструкции и технологии работы специализированных сортировочных устройств.

С целью решения поставленной задачи произведен анализ научных исследований в этой области [3]. Установлено, что наиболее приемлемым методом исследования является математическое и имитационное моделирование. Существующие модели многогруппной сортировки классифицированы по функциональному признаку: оперативные, оптимизационные и проектные. Для решения поставленной задачи требуется разработать проектную модель, которая позволит определить технологические и конструктивные параметры устройства, а также учесть следующие факторы: многообразие способов многогруппной сортировки и критериев выбора рационального способа, структуру вагонопотока, тип и конструкцию специализированного сортировочного устройства. Суть разрабатываемой методики расчета параметров специализированного сортировочного устройства заключается в определении наиболее рационального варианта технологии и конструкции сортировочного устройства по критерию приведенных затрат и ограничению по перерабатывающей способности, детально учитывая вагонопоток и многообразие способов многогруппной сортировки.

1. Разработка модели процесса многогруппной сортировки

Обоснованный выбор технологии и конструкции специализированного сортировочного устройства требует разработки модели процесса многогруппной сортировки, позволяющей определять: перерабатывающую способность, технологический горочный интервал, полезную длину путей. Для этого выполнены:

1) Проектирование специализированного сортировочного устройства – горки малой мощности, для которой определены конструктивные параметры плана и профиля (см. рис. 1).

2) Анализ структуры технологического горочного интервала (ТГИ) при многогруппной сортировке, в результате чего определены однократные (заезд, надвиг) и по-

вторяющиеся операции (ропуск, вытягивание, осаживание и др.). Определены способы определения времени на их выполнение [4, 5].

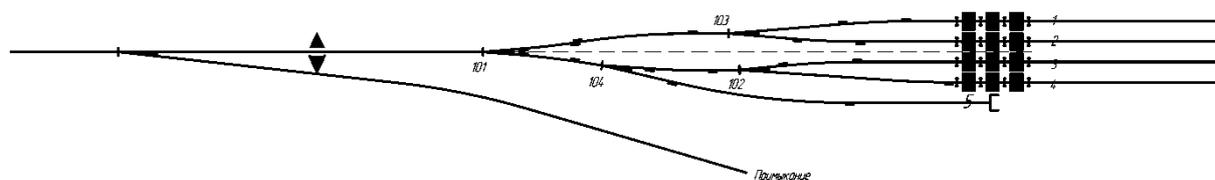


Рис. 1. План специализированного сортировочного устройства

3) Разработка алгоритма распределения вагонов по группировочным путям в процессе многогруппной сортировки с учетом перерабатываемого вагонопотока. Вагонопоток представлен в виде нескольких массивов данных, содержащих следующую информацию: номер группы, длина отцепа, масса отцепа, особая отметка [6].

4) Разработка алгоритма определения необходимой вместимости группировочных путей с учетом многократно повторяющейся операции сортировки.

5) Разделение технологического горочного интервала на базовый и полный. Полный ТГИ ($t_{и(полн)}^Г$) включает в себя все операции, в том числе перестановку состава для подборки вагонов и уборку готового состава с путей сортировочного устройства, используется для расчета перерабатывающей способности. Базовый ТГИ' ($t_{и(баз)}^Г$) исключает операции перестановки и используется для сравнения способов многогруппной сортировки. Перерабатывающая способность специализированного сортировочного устройства определяется следующим образом:

$$N_{пер}^{МГС} = \frac{(\alpha_{гор} 1440 - \sum T_{пост}^{гор})}{t_{и(полн)}^Г (1 + \rho_{гор})} n_c^{ср}, \quad (1)$$

где $\alpha_{гор}$ – коэффициент, учитывающий возможные перерывы в работе горки из-за враждебных передвижений; $\sum T_{пост}^{гор}$ – время занятия горки в течение суток выполнением постоянных операций, таких как технологические перерывы для профилактического осмотра и др.; $\rho_{гор}$ – коэффициент, учитывающий отказы технических средств и нерасцепы вагонов; $t_{и(полн)}^Г$ – полный технологический горочный интервал; $n_c^{ср}$ – среднее число вагонов в подбираемых составах.

2. Исследование величины технологического горочного интервала и полезной длины группировочных путей

Проведено исследование влияния структуры вагонопотока и технологии работы на эксплуатационные показатели и конструктивные параметры специализированного сортировочного устройства для многогруппной сортировки вагонов.

Структура ТГИ' представлена в виде диаграммы на рис. 2 (величина ТГИ' составила 69 минут при подборке 9-группного состава со средней массой вагона 90 т и средней длиной отцепа 2 вагона комбинаторным способом на трех путях).

С помощью разработанной модели проведено исследование влияния средней длины и массы отцепа на величину ТГИ' методом Монте-Карло. При этом случайным образом генерируются следующие параметры вагонопотока: номер группы (равномерный закон), длина отцепа (показательный закон), масса вагона в отцепе (нормальный закон). Установлено, что при увеличении массы вагона и уменьшении длины отцепа возрастает величина ТГИ' [5].



Рис. 2. Структура ТГИ' при многогруппной сортировке

Установлено, что при пограничных значениях массы и длины отцепов разница между получаемыми значениями достигает 23%. Исходя из этого, ТГИ' следует рассматривать как случайную величину. В ходе статистических исследований установлено, что величина ТГИ' распределена по закону, близкому к гамма-распределению (см. рис. 3). Для данных вагонопотока, представленных выше, математическое ожидание ТГИ' составило 69,9 минут, среднее квадратическое отклонение – 3,3 минуты. Критерий Хи-квадрат равен 0,24, соответствующая ему вероятность – 0,63. Это означает, что расхождения между значениями гистограммы, полученной по результатам имитационных экспериментов, и теоретической кривой гамма-распределения с вероятностью 0,63 вызваны случайными причинами. Получены значения математических ожиданий для обозначенных ранее способов сортировки при подборке числа групп от 4 до 25 на числе путей от 2 до 5.

Исследовано влияние функции распределения вероятностей появления групп в составе и способа сортировки на конструктивные параметры сортировочного устройства, а именно – на вместимость группировочных путей, которая также рассматривается как случайная величина. Установлено, что при использовании комбинаторного способа полезная длина группировочных путей находится в интервале от 2,6 до 2,75 полных длин состава, при степенном – от 2,3 до 2,65. При равномерном распределении вероятностей появления групп функция распределения полезной длины путей смещается в сторону больших значений длины. При больших вероятностях появления отдельных групп необходимая вместимость путей может, как увеличиваться, так и уменьшаться, что отражено на рис. 4.

Форма кривых функций распределения может быть различной как в зависимости от вагонопотока, так и от способа сортировки и номера группировочного пути. При этом принятие максимальных значений вместимости путей (которые необходимы в крайне редких случаях) может привести к необоснованно высоким капитальным вложениям в инфраструктуру. В связи с этим, предложен метод определения необходимой и достаточной вместимости группировочных путей сортировочного устройства для многогруппной сортировки на основе теории надежности [7]. Описанные выше возможности реализованы в программе «МГС-Аналитика» [8].

Число наблюдений

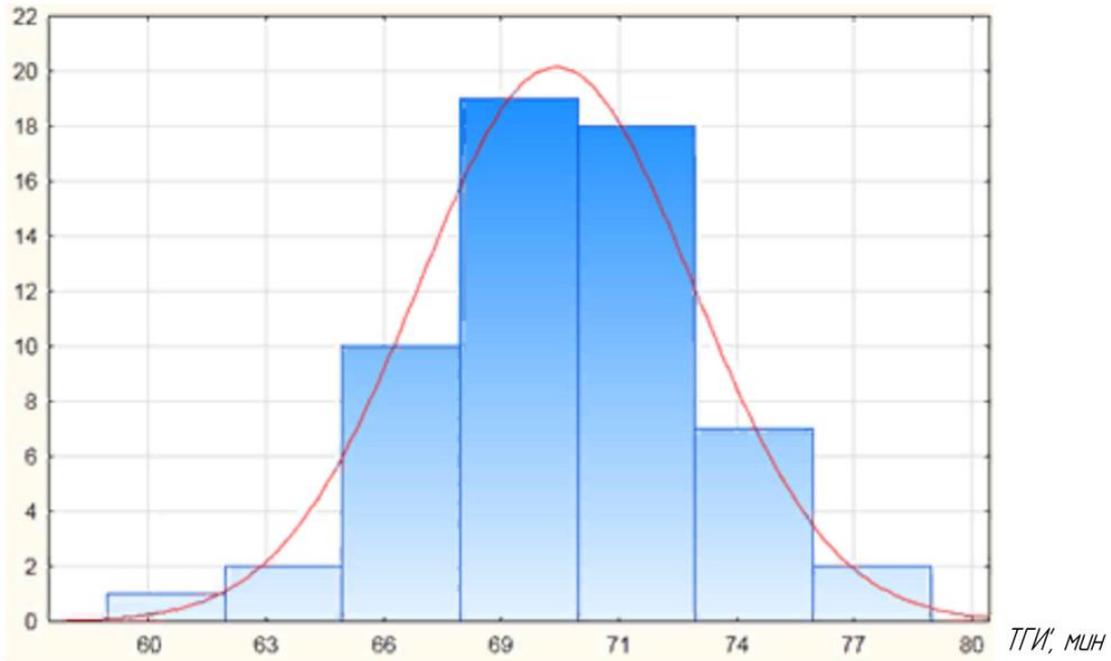


Рис. 3. Гистограмма распределения ТГИ' и теоретическое распределение (программа STATISTICA)

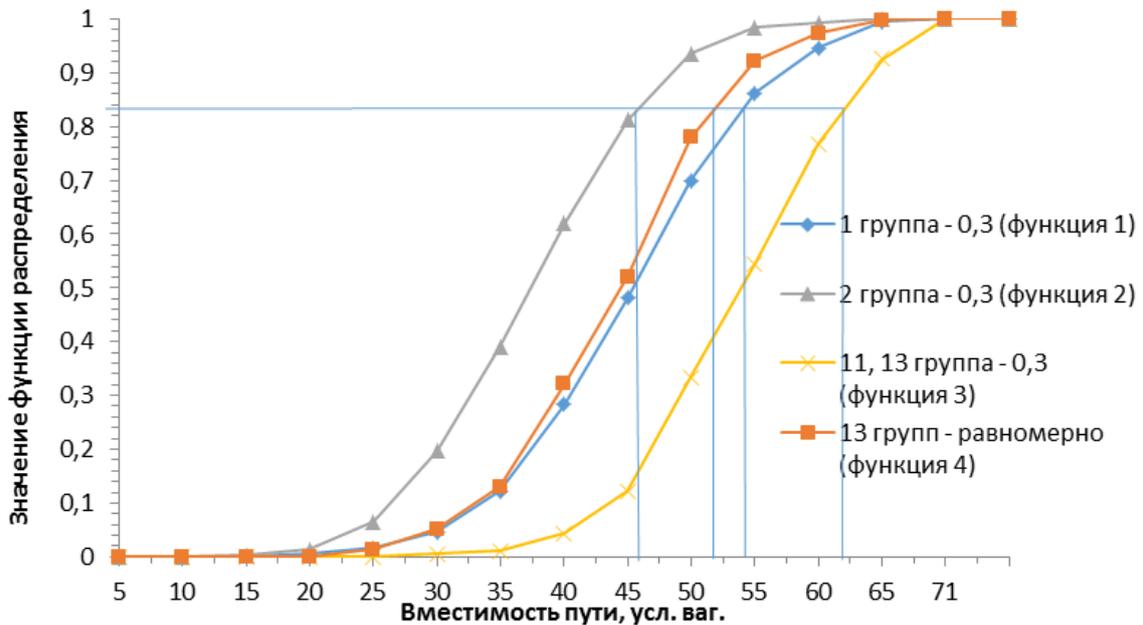


Рис. 4. Функция распределения вместимости группировочного пути для различной структуры вагонопотока

3. Методика определения рациональных конструктивных и технологических параметров специализированного сортировочного устройства для многогруппной сортировки

Исследования, проведенные с помощью модели, показали, что эксплуатационные показатели зависят от трех основных факторов: структуры вагонопотока, используемой технологии и конструкции сортировочного устройства. Следовательно, проектируя

специализированное сортировочное устройство под вагонопоток, существует несколько возможных вариантов (20 вариантов при 5-ти способах сортировки) конструкции и технологии, позволяющих его переработать. Эти варианты определены как «конструктивно-технологические варианты» (КТВ). Для сравнения КТВ специализированное сортировочное устройство представлено в виде системы массового обслуживания (СМО, рис. 5), что позволяет оценить показатели эффективности работы системы, такие как длина очереди, время нахождения в ней и др.

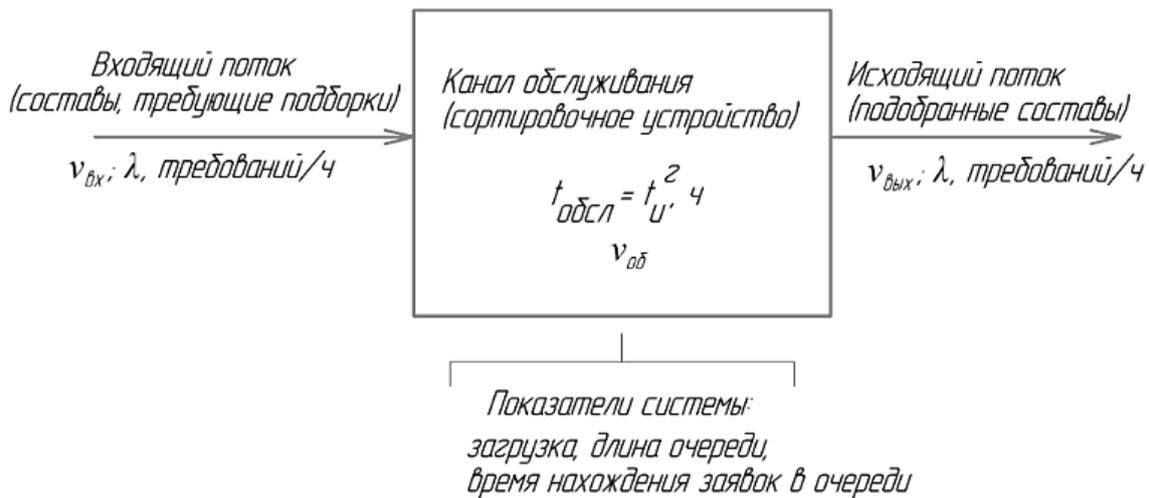


Рис. 5. Схема работы СМО и её параметры

Для принятия обоснованного решения при определении рационального КТВ использован интегральный критерий – сумма годовых приведенных капитальных вложений и эксплуатационных расходов:

$$S_{пг} = E_n K + \mathcal{E}, \quad (5)$$

где K – капитальные затраты на строительство сортировочного устройства, \mathcal{E} – эксплуатационные расходы по содержанию постоянных устройств, а также связанные с выполнением многогруппной сортировки, E_n – задаваемый коэффициент окупаемости. Расчет всех элементов затрат ведётся с помощью программы «МГС-Аналитика», в которую входят алгоритмы, разработанные ранее, а также интегрированы элементы теории массового обслуживания (в частности, работа одноканальной СМО и определение основных показателей эффективности). Итогом работы программы являются следующие данные по каждому КТВ: общее время, затраченное на подборку составов за период моделирования ($\sum_{i=1}^{i1} t_{ги}^i$), ч; среднее число требований в очереди, требований; среднее количество требований в системе, требований; максимальное число требований в системе за период моделирования, требований; суммарный простой в ожидании обслуживания ($\sum_{i=1}^{i1} t_{ож}^i$), ч; вагоно-часы в сутки ($t_{в-ч}$), ч; локомотиво-часы в сутки ($t_{л-ч}$), ч; суммарная полезная длина путей, км; эксплуатационные расходы (\mathcal{E}), тыс. руб./год; капитальные вложения (K), тыс. руб.; приведенные расходы ($S_{пг}$), тыс. руб./год; загрузка системы ($\Psi_{системы}$); перерабатывающая способность специализированного сортировочного устройства ($N_{пер}$), ваг./сут; базовый ТГИ ($t_{и(баз)}^f$), мин.

Исследования позволили установить сферы технико-экономической эффективности применения различных способов сортировки в зависимости от интенсивности поступления составов для подборки и количества подбираемых групп (параметры вагоно-

потока усредненные – средняя масса вагона 60 т., средняя длина отцепа – 2 вагона). КТВ представлен в виде двух символов: первый указывает на способ сортировки (К – комбинаторный, С – степенной, М – ступенчатый максимальный), второй – на количество используемых группировочных путей. В ситуациях, когда несколько КТВ близки друг к другу по приведенным затратам, в ячейки таблицы записывается несколько вариантов. Курсивом выделены КТВ, которые имеют незначительное преимущество при наличии нескольких конкурирующих вариантов. При изменении функции распределения номеров групп в составе, а также структуры отцепопотока, для некоторых комбинаций числа групп и интенсивности поступления составов требуется уточняющий программный расчет. Методика реализована в программе «МГС-Аналитика» [9].

Таблица 1

Рациональные варианты КТВ для различных объемов сортировочной работы и числа подбираемых групп

$n_{гр}$	Интенсивность поступления составов, сост/сут				
	1-3	4-6	7-9	10-12	13-15
≤ 4	C2	C2	C2	C2	C2
5	K2	K2	K2	K2	K2
6-7	K2	K2	K3, <i>M3</i>	K3, <i>M3</i>	K3, <i>M3</i>
8	K2	K2	K2	K3	K3
9	C3, K2	C3	C3	C3	C3, K3, <i>M3</i>
10-13	K2	<i>K2</i> , K3	<i>K3</i> , K4	K3, <i>K4</i>	K4
14-15	K2	<i>K3</i> , M3	<i>K3</i> , M3	K4	K4
16	<i>C4</i> , M3, K3	<i>C4</i> , M3, K3	<i>M3</i> , K3, C4	<i>M3</i> , K3, C4	<i>M3</i> , K3, C4
17-24	K2	K3	K3	K3	K3
25	C5	<i>C5</i> , K4, M4	<i>K4</i> , C5, M4	<i>K4</i> , C5, M4	K4

4. Определение рациональных конструктивных и технологических параметров процесса многогруппной сортировки с учетом местных условий

Произведена апробация разработанных методик на реальном объекте исследования – станции Новокузнецк-Восточный. С учетом местных условий предложена схема примыкания группировочного парка и горки малой мощности к горочной горловине. Произведен статистический анализ перерабатываемого вагонопотока, получены функции распределения количества накапливаемых сборных поездов различных назначений, а также номеров подбираемых групп в них. Разработаны различные варианты подборки групп в поездах – от фактического (4-6 групп) до потенциально возможного (16 групп). Рациональные КТВ представлены в табл. 2.

Таблица 2

Рациональные КТВ для вагонопотока различной детальности

Число подбираемых групп	4-6	6-8	8-9	9-11	11-13	13-15	15-16
Рац. способ	K	K	C	K	K	K	M
Число путей	3	3	3	3	3	4	3
Суммарная полезная длина, м	2380	2394	1764	2408	2408	2716	2394
ТГИ', мин	49,2	55,9	62,7	66,3	69	59,2	73,6

Расчет сравнительной эффективности показал, что выбранные рациональные КТВ оказываются эффективнее соответствующих нормативных значений для количе-

ства подбираемых групп. Например, при подборке 4-6 групп расчетный срок окупаемости для сравниваемых вариантов составил 9,9 лет, следовательно, принимается вариант с наименьшими капитальными вложениями, т.е. комбинаторный способ сортировки на 3-х путях.

Таким образом, разработана методика расчета конструктивных и технологических параметров специализированных сортировочных устройств для многогруппной сортировки. Отличие от существующих методик заключается в одновременном учете факторов вагонопотока (средняя длина и масса отцепов, наличие вагонов запрещенных к роспуску с горки, интенсивность поступления составов), технологии (различные способы сортировки: комбинаторный, степенной и др.) и конструктивных параметров (длина и число путей, конструкция горочной горловины). Методика реализована в виде программного продукта «МГС-Аналитика». Разработанная методика апробирована на примере станции Новокузнецк-Восточный.

Библиографический список

1. Правила и нормы проектирования сортировочных устройств на железных дорогах колеи 1520 мм : утв. МПС РФ 10.10.03. – М.: Техинформ, 2003. – 168 с.
2. Григорьев В.В. Интенсификация сортировочной работы с местными вагонами при использовании вспомогательных сортировочных устройств : Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Москва., 1987. – 24 с.
3. Сивицкий Д.А. Анализ отечественного и зарубежного опыта разработки и использования моделей технологии многогруппной сортировки вагонов / Д.А. Сивицкий // Вестник Уральского государственного университета путей сообщения. – №1 (29). – 2016. – С. 106-116.
4. Сивицкий Д.А. Моделирование маневровых передвижений при определении затрат времени на перестановку вагонов при повторной сортировке / Д.А. Сивицкий // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2016. – №2 (50). – С. 200-206.
5. Сивицкий Д.А. Моделирование работы специализированного сортировочного устройства и определение горочного технологического интервала / Д.А. Сивицкий // Транспорт Урала. – 2016. – №3 (50). – С. 100-105.
6. Сивицкий Д.А. Разработка программного модуля распределения вагонов по сортировочным путям в процессе многогруппной сортировки / Д.А. Сивицкий // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. – 2016. – № 3. – С. 13-18.
7. Сивицкий Д.А. Вероятностный метод определения необходимой вместимости группировочных путей с учетом структуры вагонопотока и эксплуатационной надежности / Д.А. Сивицкий, С.В. Карасёв // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. – 2017. – №2 (41). – С. 5-13.
8. Сивицкий Д.А. Программа для анализа процесса многогруппной сортировки «МГС-Аналитика» / Д.А. Сивицкий // Свидетельство о регистрации электронного ресурса ОФЭРНиО №22335 от 06 декабря 2016 г.
9. Сивицкий Д.А. Обоснование рациональных конструктивных и технологических параметров вариантов организации многогруппной сортировки на основе имитационного моделирования / Д.А. Сивицкий, С.В. Карасёв // Вестник научно-исследовательского института железнодорожного транспорта. – 2017. – Т. 76. – № 2. – С. 94-100.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ АЛГОРИТМА РАСЧЕТА ТОЧКИ ОСТАНОВКИ ОТЦЕПА В СОРТИРОВОЧНОМ ПАРКЕ

Корниенко К.И.

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Сибирский государственный университет путей сообщения» (Новосибирск)*

На сортировочных станциях происходит больше всего происшествий, угрожающих безопасности движения [1]. Большое количество происшествий обусловлено множеством факторов, влияющих на вагоны в процессе роспуска. Это приводит к коммерческим бракам, и в последствии к увеличению времени доставки грузов из-за отцепки и повторной переработки. Сейчас все больше работ стало посвящаться расчету именно сортировочного парка [2-8].

При этом, до сих пор алгоритм определения точки остановки отцепа в сортировочном парке не учитывает фактор вероятности отката вагона в сторону горба горки под действием силы тяжести или ветровых нагрузок. В этом случае прицельное торможение последующих отцепов будет осуществляться на основе неправильной информации о реальной точке остановки отцепа. Это может привести к повышенной скорости соударения в парке, повреждению вагонов и грузов и даже к выходу отцепа в стрелочную зону навстречу роспуску.

Данные случаи подтверждаются результатами анализа реальных происшествий на сортировочных горках.

Целью работы является разработка алгоритма расчета точки остановки отцепа в сортировочном парке с учетом вероятности отката отцепа назад.

Основным отличием представленного алгоритма от разработанных ранее являются:

- определение условий, при которых отцеп после остановки в сортировочном парке может тронуться назад;
- имитационное моделирование движения отцепа при трогании его в сторону горба горки;
- расчет действительной точки остановки.

Для этого в алгоритм включен расчет условий трогания отцепа с места после остановки (второе условие на рисунке). В этом блоке определяется вероятность трогания отцепа с места в сторону горба горки, с учетом ветрового воздействия, величины уклона и ходовых характеристик отцепа.

Данный алгоритм моделирует движение отцепа в сортировочном парке от парковой тормозной позиции до точки остановки отцепа, далее определяется останется ли отцеп на месте, или тронется назад. Во втором случае моделируется движение в сторону горба горки. Результат этих вычисления дает реальную точку остановки отцепа, которая должна учитываться при прицельном торможении следующих отцепов, направленных на данный путь.

На рис. 1 представлен алгоритм расчета скорости движения отцепа с учетом вероятности движения отцепа назад.

На основании полученного алгоритма была разработана имитационная модель движения отцепа в сортировочном парке «СортПарк» [9]. Далее представлен пример расчета реальной точки остановки отцепа в сортировочном парке для одного из путей с учетом отклонений от нормативных значений уклонов участков пути.

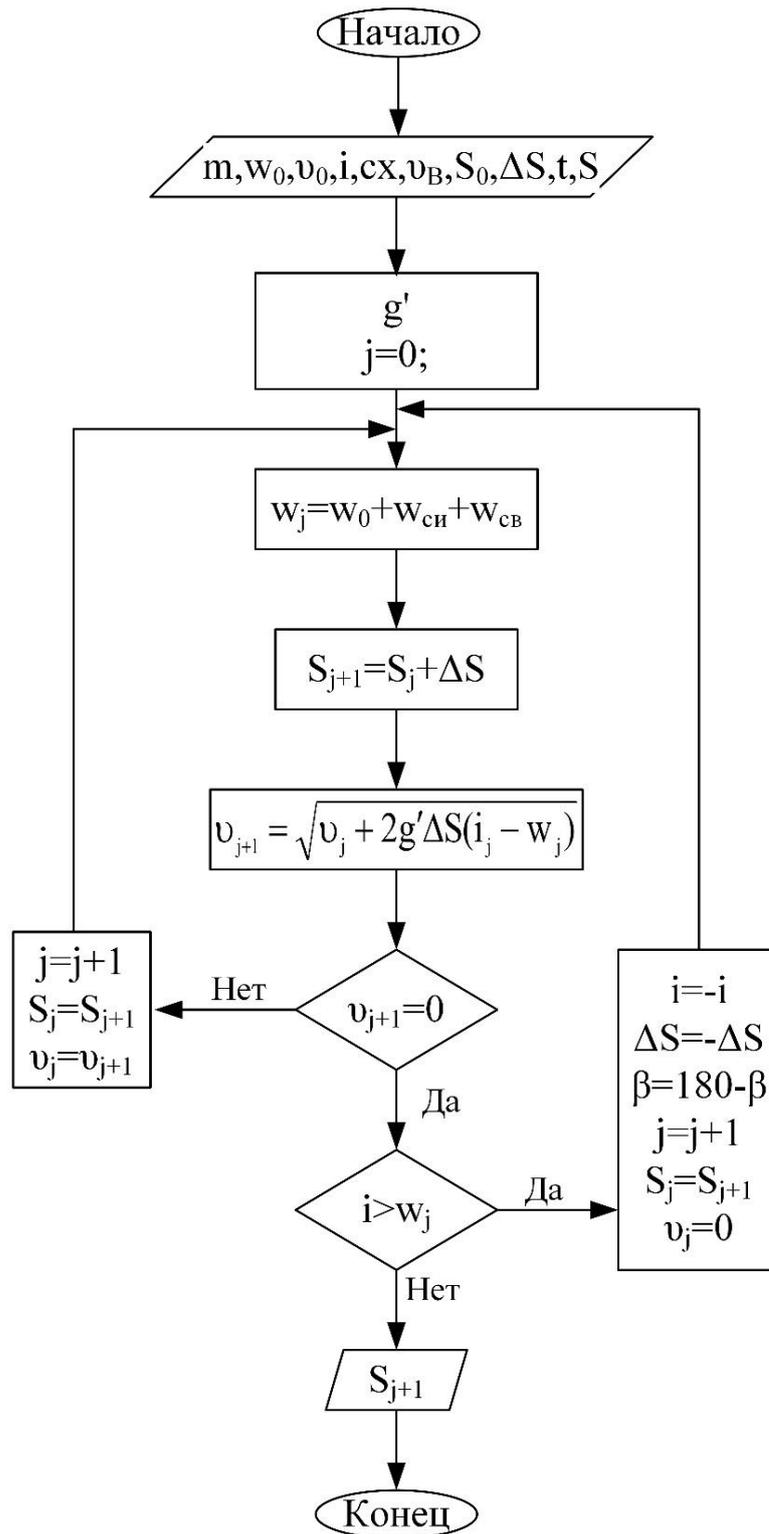


Рис. 1. Алгоритм поиска конечной точки остановки отцепа, с учетом возможности трогания отцепа назад

На рис. 2 представлен профиль пути сортировочного парка. Непрерывной чертой представлен фактический профиль, пунктирной нормативный профиль.

На рис. 3 представлен результат расчета скорости движения отцепа в сортировочном парке для данного пути.

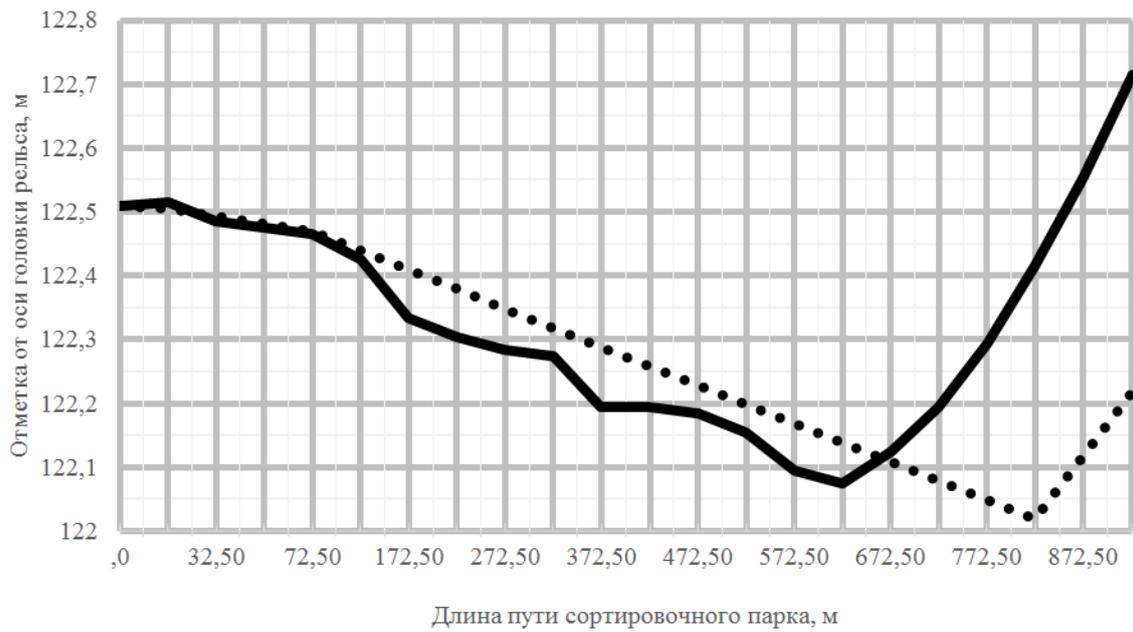


Рис. 2. Профиль пути сортировочного парка

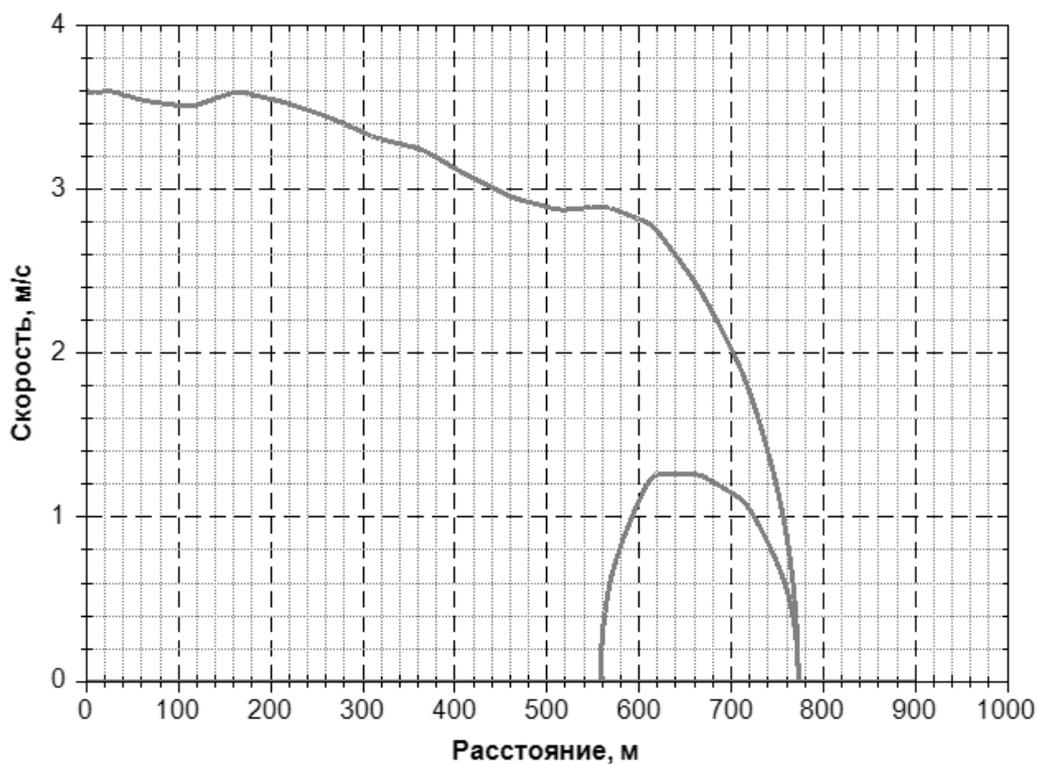


Рис. 3. График зависимости скорости движения отцепа в сортировочном парке от пройденного расстояния, полученный с помощью использования программы «СортПарк»

По графику можно заключить следующее:

1. При расчете по существующим алгоритмам точка остановки отцепа составляет 770 метров.

2. Так как на расстоянии 770 метров от начала пути находится противоуклон величиной в -2% , то после остановки отцеп начнет движение назад и остановится на расстоянии 560 метров от парковой тормозной позиции.

3. Точкой остановкой отцепа необходимо считать точку 560 метров.

На основании изложенного сделан вывод том, что существующие алгоритмы не всегда правильно определяют точку остановки отцепа. Это может привести к бою вагонов при выпуске группы отцепов на свободный путь. В статье предложен новый алгоритм определения точки остановки отцепа, учитывающий такое явление, как откат отцепов назад в сторону горба горки.

Было исследовано расхождение между точками остановки по существующим и предложенному алгоритмам. В рассмотренном примере расхождение между найденными точками остановки составляет 210 метров.

Библиографический список

1. Кандыбина С.А. Анализ факторов и причин, определяющих количество и структуру случаев нарушения безопасности движения в хозяйстве перевозок / С.А. Кандыбина, Т.Н. Каликина // Вестник транспорта Поволжья. – 2013. – № 5 (41). – С. 39-45.
2. Проектирование сортировочных горок большой и средней мощности: учеб. пособие / Ю.И. Ефименко, В.С. Суходоев, В.И. Смирнов, Л.А. Олейникова, В.В. Васильев. – Санкт-Петербург: ГОУ ВПО ПГУПС, 2008. – 63 с.
3. Олейникова Л.А. Сферы применения односторонних и двусторонних сортировочных станций при росте и спаде объемов переработки вагонов: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Л.А. Олейникова. – СПб.: ПГУПС, 2006. – 26 с.
4. Бородин А.Ф. Схема размещения и развития сортировочных станций ОАО «РЖД» до 2015 года // Железнодорожный транспорт. – 2008. – № 1. – С 48-54.
5. Бородин А.Ф. Сортировочные станции: взаимодействие, размещение, развитие. Методологические принципы / А.Ф. Бородин, Р.В. Агеев, А.С. Крылов, М.Б. Сиротич // Железнодорожный транспорт. – 2010. – № 7. – С. 20-27.
6. Старостина Т.И. Анализ особенностей конструкции продольного профиля сортировочных путей действующих сортировочных станций. Инновационные технологии нового тысячелетия: сборник статей Международной научно-практической конференции (5 мая 2016 г., г. Киров). В 3 ч. Ч. 2/-Уфа: АЭТЕРНА, 2016 г. – 176 с.
7. Исследование влияния профиля горки на скорость движения отцепов в сортировочном парке при попутном ветре / Е.А. Ахмаев, С.А. Бессоненко, В.В. Борисов, К.И. Корниенко // Вестн. Сиб. гос. ун-та путей сообщ. – 2017. – №1.
8. Корниенко К.И. Исследование опасности образования противоклона в сортировочном парке // Транспортная инфраструктура сибирского региона. – 2017. – С. 80-83.
9. Корниенко К.И. Программа для имитационного моделирования скорости движения отцепа в сортировочном парке «СортПарк» // Хроники объединенного фонда электронных ресурсов «Наука и образование». – 2017. № 6 (97). – С. 30.

УДК 656.21

ОБОСНОВАНИЕ РАЗВИТИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ СТАНЦИЙ МЕТОДОМ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Богданович Д.Е.

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I»
(Санкт-Петербург)*

Железнодорожный транспорт является неотъемлемой частью транспортной системы страны, которая на сегодняшний момент нуждается в модернизации для обеспе-

чения потребностей в пассажирских и грузовых перевозках. Рост грузопотоков привел к появлению «узких мест», ограничивающих пропускную и провозную способности железнодорожных направлений.

Важной проблемой, возникающей при необходимости освоения возрастающих объемов перевозок, является своевременное развитие железнодорожной инфраструктуры. Потребность солидных объемов длительно окупаемых капитальных вложений ставит задачу количественного обоснования достаточности предлагаемых технических и технологических решений при минимально возможных затратах.

В значительной степени решение данной задачи должно быть отнесено к железнодорожным станциям, которые являются наиболее сложными и решающими компонентами транспортного процесса, т.к. стабильная и надежная работа железнодорожной отрасли в наибольшей степени зависит от пропускной и перерабатывающей способности станций.

Для приведения в соответствие пропускной и перерабатывающей способности станций перспективным размерам движения требуется поэтапное переустройство станционных устройств.

Основная задача исследования – методом имитационного моделирования обосновать выбор вариантов развития станций при увеличении размеров движения с минимизацией эксплуатационных расходов и капитальных затрат на переустройство.

Создание имитационной модели, проведение на ней экспериментов, а также анализ результатов – сложная задача, требующая высокой квалификации исследователя как в области технологии работы железнодорожного транспорта, так и опыта математического моделирования. Кроме того, процесс имитационного моделирования очень трудоёмкий, ибо полное описание модели крупной станции с детальным отображением всех взаимодействующих устройств с возможными вариантами выполнения операций составляет несколько сот тысяч строк. Указанные причины мешают широкому использованию данного метода расчётов. Поэтому имитационная система должна *иметь подсистему автоматизированного построения моделей*, которая основную работу по описанию моделей «берёт на себя».

Такая подсистема должна давать возможность достаточно быстро и легко строить модель, проводить на ней расчёты и работать с результатами одному специалисту на персональном компьютере (ПК). При этом система, как и любая другая программа на ПК, должна иметь следующие элементы, позволяющие реализовывать следующие функции:

- предоставлять пользователю возможность работы со схемой станции или узла в графическом виде (функции рисования и редактирования, задания и корректировки маршрутов передвижений);
- отображать структуру железнодорожных объектов максимально подробно – вплоть до стрелки, локомотива, пути, включая их характеристики (нумерацию, наименование, вместимость и т.п.), в том числе в графическом режиме;
- корректно отображать количественные и временные параметры работы устройств и перерабатываемых потоков, иметь возможность задания фиксированных и случайных величин (расписание, продолжительность операций, величина и состав поездов, передач, занятость грузовых устройств и т.п.);
- строить имитационную модель в автоматизированном режиме (человек только вводит исходную информацию);
- давать возможность выполнения расчётов на длительный период;
- учитывать необходимость сохранения полученных результатов для их дальнейшей обработки и оценки работы объекта.

Руководствуясь данными задачами, используя язык программирования C#, было реализовано прикладное приложение, с помощью которого можно построить необходимую модель станции и получить следующие параметры:

1. Общее время включения каждой стрелки в маршрут;
2. Общее время включения каждого пути в маршрут;
3. Время простоев грузовых поездов по направлениям и в целом;
4. Количество остановок грузовых поездов по направлениям и в целом;
5. Среднее время простоев грузовых поездов;
6. Среднее время простоя одного грузового поезда, прибывающего на станцию.

Изменяя входные потоки при различных вариантах развития станции, полученные параметры необходимо сравнить, и, исходя из данного сравнения, можно сделать вывод о необходимости переустройства или дальнейшего развития станции.

С помощью данного приложения было произведено моделирование станции Мга, находящейся в Санкт-Петербургском железнодорожном узле.

В настоящее время на станции Мга остро стоит проблема враждебности передвижений в нечетной горловине станции в соответствии с рис. 1. В связи с планируемым увеличением размеров движения со стороны станции Кириши возникает вопрос целесообразности строительства путепровода в соответствии с рис. 2.

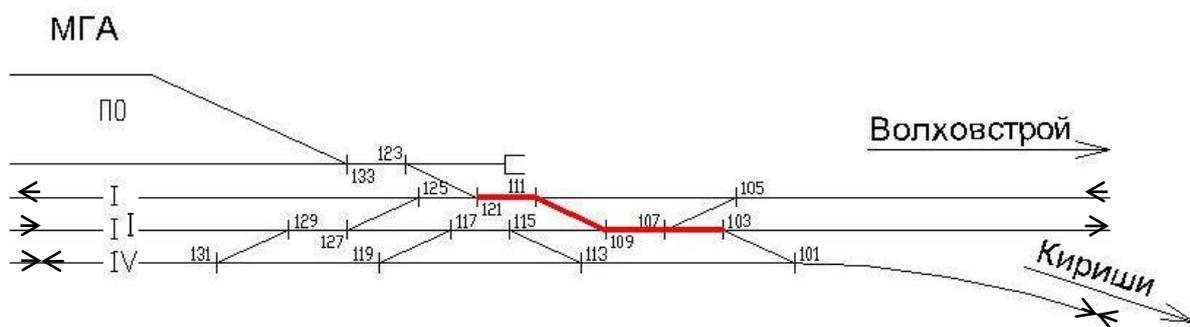


Рис. 1. Схема нечетной горловины станции Мга, с отмеченным на ней наиболее загруженным элементом

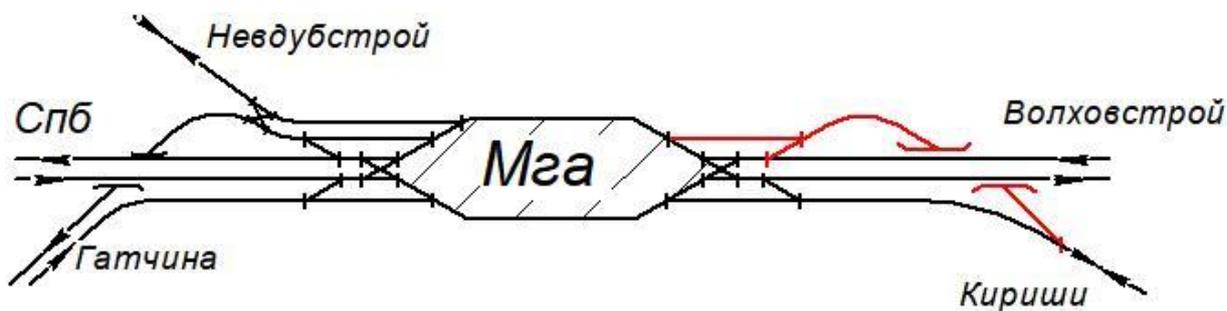


Рис. 2. Схема станции Мга с планируемым развитием

Путепроводная развязка в нечетной горловине позволит избежать режущих маршрутов, число которых кратно возрастет в связи с прогнозными размерами движения.

В процессе сравнения построены две имитационной модели: текущее путевое развитие (см. рис. 3, а) и вариант с путевой развязкой (см. рис. 3, б), с помощью которых проведены различные эксперименты для подсчета непроизводительного простоя поездов возникающие из-за враждебности маршрутов.

Определив, что вариант с путепроводом уменьшает эксплуатационные показатели на 40 процентов и более, найдем зависимость показателей от размеров движения.

По результатам экспериментов, при различном входном потоке для двух вариантов станции, построены 3 графика – сравнительный график времени простоев для двух вариантов (см. рис. 4), сравнительный график времени простоя поезда в среднем (см. рис. 5) и сравнительный график двух вариантов по количеству остановок (см. рис. 6).

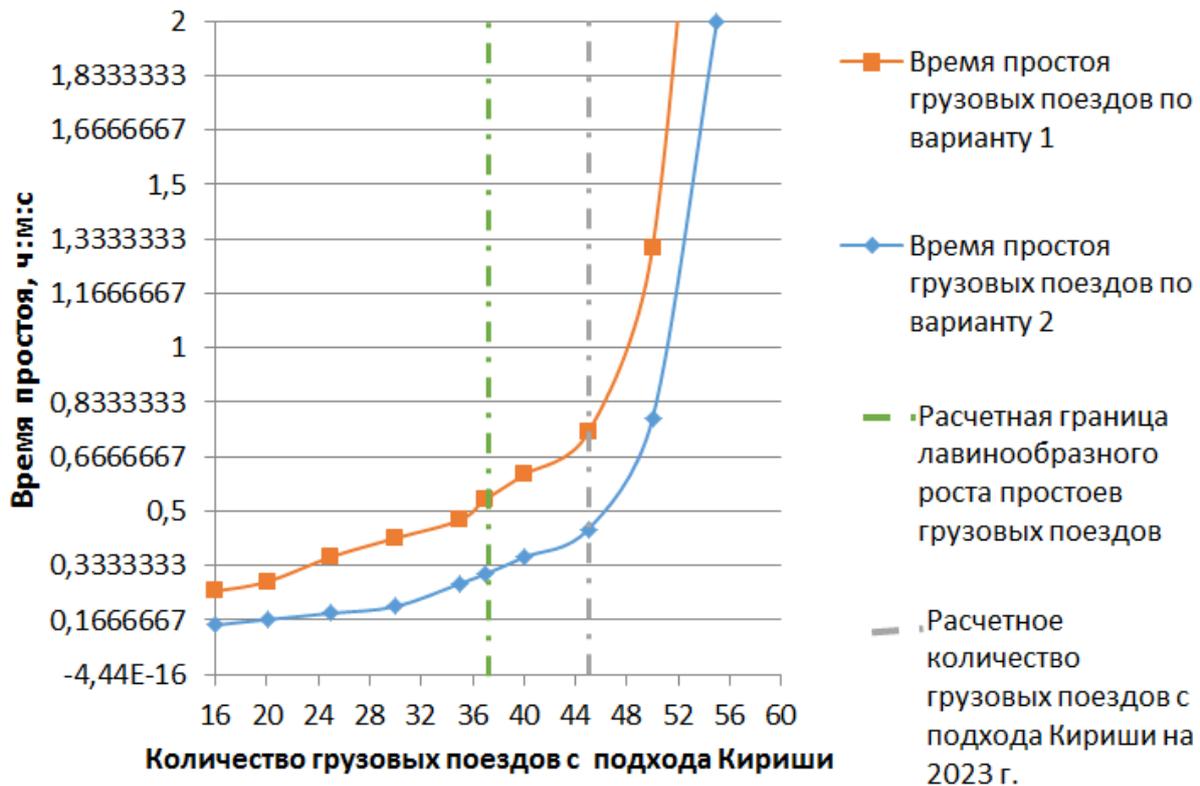


Рис. 4. График времени простоев для двух вариантов

Исходя из полученных графиков, сделаны следующие выводы:

1. Вариант с путепроводом значительно уменьшает простои и количество остановок при всех размерах движения.
2. Простои увеличиваются экспоненциально при подходе к максимальной пропускной способности однопутной линии.
3. Вариант с путепроводом позволяет пропускать до 45 пар грузовых поездов в направлении Киришей при достаточно невысоких простоях, затем следует добавить второй главный путь.

В результате исследования, можно сделать следующие выводы:

1. Использование метода имитационного моделирования целесообразно, поскольку данный метод наиболее точно учитывает случайные колебания потоков и параметры работы отдельных устройств.
2. Использование программного комплекса упрощает работу при расчете параметров станции, позволяет провести неограниченное количество при различных вариантах развития станции и размеров входных потоков.
3. В дальнейшем, в программный комплекс построения модели станции необходимо добавить экономический расчет, чтобы иметь возможность принимать решение о целесообразности развития станции на основе минимизации эксплуатационных расходов.

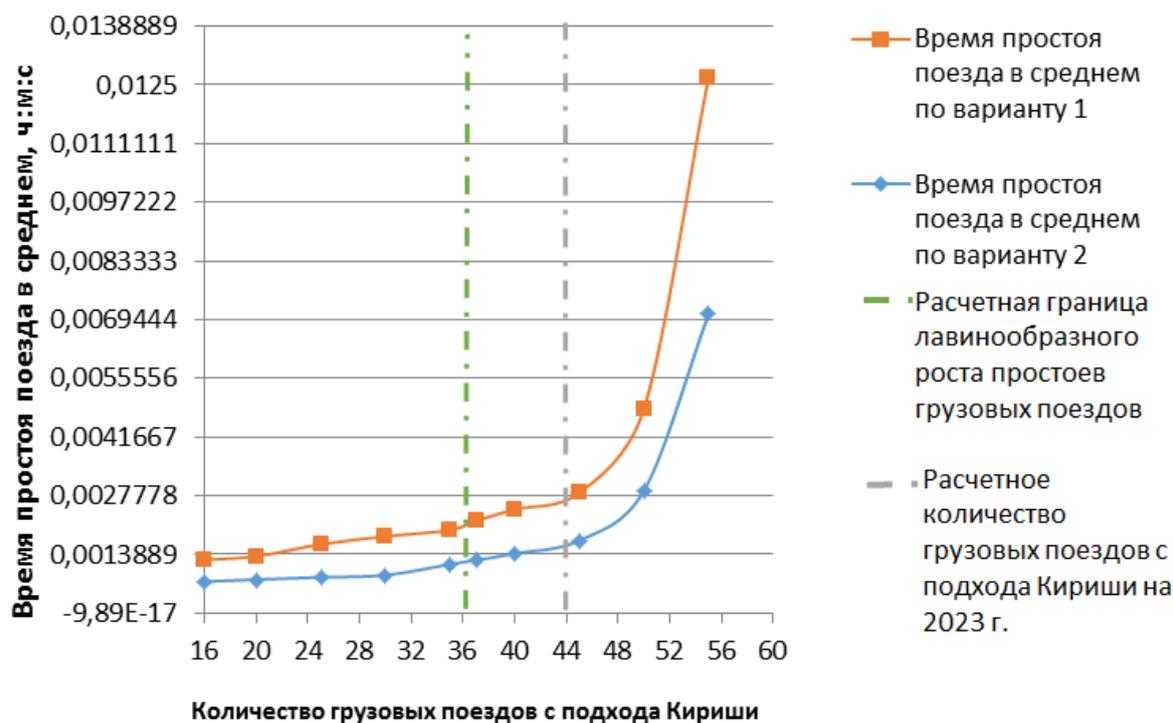


Рис. 5. График времени простоя поезда в среднем для двух вариантов

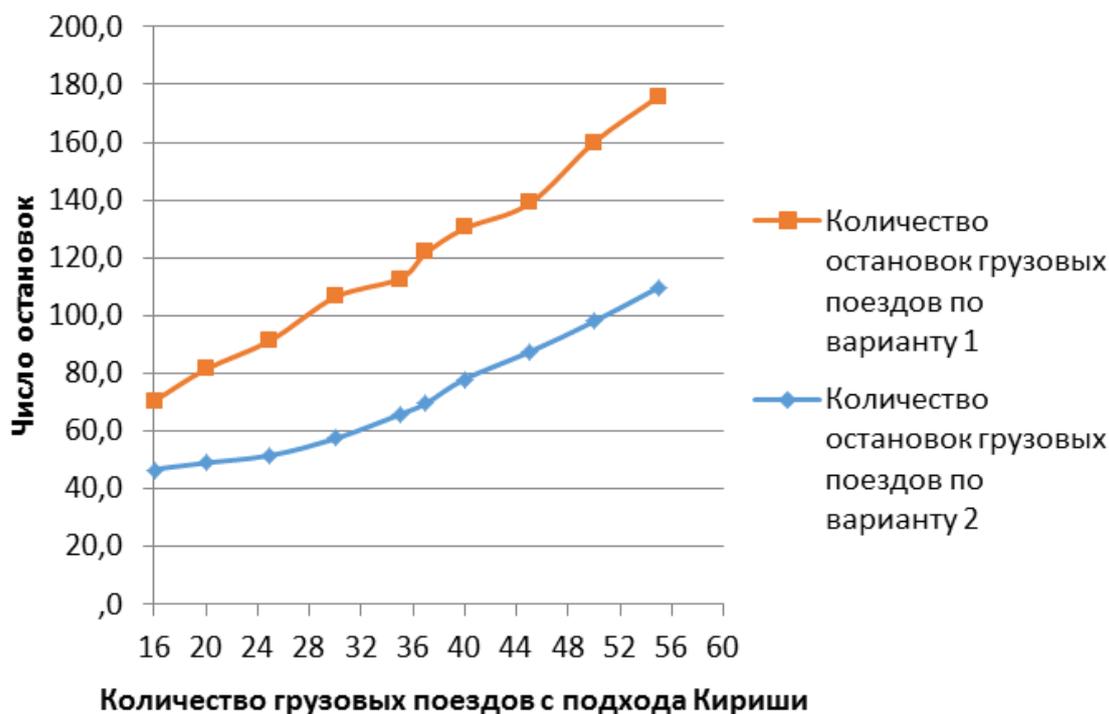


Рис. 6. Сравнительный график числа остановок для двух вариантов

Библиографический список

1. Тимухина Е.Н. Повышение функциональной надежности железнодорожных станций при технологических сбоях: дисс. ... д-ра техн. наук. – Екатеринбург, 2011. – 384 с.
2. Четчуев М.В. Обоснование этапности развития горловин железнодорожных станций: дисс. ... канд. техн. наук. – Санкт-Петербург, 2012. – 176 с.

3. Осокин О.В. Интеллектуальное сопровождение производственных процессов на железнодорожном транспорте: дисс. ... д-ра техн. наук. – Москва, 2014. – 355 с.
4. Троелсен Э. Язык программирования C# 5.0 и платформа .NET 4.5, 6-е изд.: Пер. с англ. – М.: ООО «И.Д. Вильямс», 2013. – 1312 с.
5. Козлов И.Т. Пропускная способность транспортных систем. – М.: Транспорт, 1985. – 214 с.

УДК 656.21

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ УЧЕТА ПОСЕКЦИОННОГО РАЗМЫКАНИЯ СТРЕЛОЧНЫХ ПЕРЕВОДОВ В СТАНЦИОННОЙ ГОРЛОВИНЕ НА ЕЁ РАСЧЁТНУЮ ПРОПУСКНУЮ СПОСОБНОСТЬ

Шепель А.С.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I» (Санкт-Петербург)

В настоящее время утвержден единственный способ расчета пропускной способности (далее ПС) стрелочных горловин (далее СГ), приведенный в разделе 2.4 «Инструкции по расчету наличной пропускной способности железных дорог» [1] (далее Инструкция). Как аналитически-детерминированный этот способ расчета транспортной системы имеет свои недостатки, которые описаны в научной литературе, например [2-5]. В последнее время для определения ПС всё более широко применяется имитационное моделирование: AwrogaW (разработана в ОАО «Ленгипротранс»), ИСТРА (разработана в ЗАО «Аналитические и управляющие системы на транспорте», «Транспортный алгоритм»), OpenTrack (разработана в «OpenTrack Railway Technology») и др. Но этот метод расчёта также не всегда позволяет устранить все недостатки и получить расчётную ПС (соответствующую фактически реализуемой величине). Для получения достоверных показателей системы требуется создавать сложнейшие модели железнодорожных станций и смежных хозяйств. Эту задачу могут решать только технологи с высоким уровнем профессиональной подготовки и опытом практической работы, а иногда требуется и несколько экспертов для построения одной модели. Нередко на практике происходят случаи, когда два высококомпетентных технолога, разрабатывая модели одного объекта, получают разные результаты. Для снижения вероятности ошибки при определении показателей инфраструктуры железнодорожных станций, а также повышения возможности широкого применения метода имитационного моделирования в настоящей статье рассмотрен вопрос влияния учета посекционного размыкания стрелочных переводов в станционной горловине на её пропускную способность.

Рассмотрим типовой расчет ПС СГ по Инструкции, для которого в качестве примера использовалась схема станционной горловины, приведенная на рис. 1.

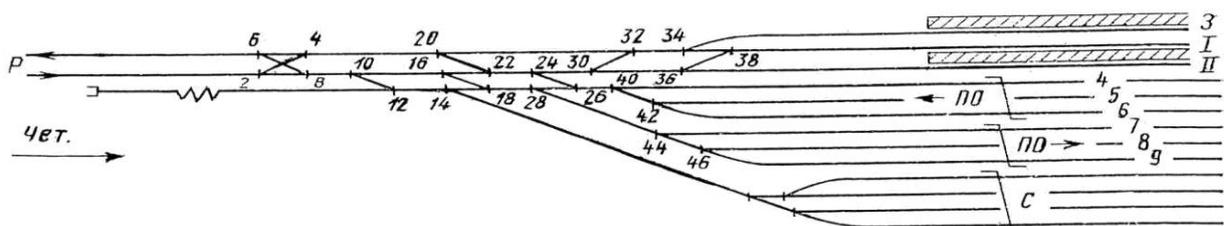


Рис. 1. Схема входной горловины участковой станции поперечного типа

Согласно этому расчету лимитирующим для данной горловины является элемент «а», включающий в себя группу совместно работающих стрелочных переводов 4, 6, 20, 32, 34, так как время его использования по сравнению с остальными элементами горловины максимально и составляет 456 мин. Соответственно в дальнейшем расчете ПС учитывается это время и предполагается, что продолжительность занятия всех стрелок входящих в элемент «а» такая же.

Задача учета влияния посекционного размыкания на расчётную ПС состояла в том, чтобы определить фактическое время использования стрелочных переводов (далее СП) в маршруте. Для этого сначала уточним понятие элемента СГ. Понятие элемента, которое приведено в пункте 2.4.2 Инструкции не подходит, так как не позволяет учесть посекционное размыкание. Предлагается объединение или обособление СП в элемент по следующему принципу: если транспортная единица движущаяся по заданному маршруту переходит на следующий СП, а предыдущий СП нельзя включить в новый маршрут по СГ, то эти СП объединяются в один элемент, в противном случае идет обособление первого СП в отдельный элемент. Таким образом, получены элементы по рассматриваемой СГ, которые приведены в табл. 1.

Таблица 1

Ведомость элементов рассматриваемой СГ

№ элемента СГ	СП входящие в элемент
1	30, 36
2	2, 8, 10
3	16
4	18, 28
5	44
6	40, 26
7	24, 22
8	6
9	4, 20
10	32, 34
11	38
12	12, 14

Следующий шаг – определение продолжительности занятия элементов СГ передвижениями. Для упрощения принято, что маневровые передвижения рассматривались в пределах СГ как равномерные, а прием и отправление поездов – как равноускоренные и равнозамедленные движения. По формулам (1) и (2) определяется время занятия всех элементов СГ каждым маршрутом:

- для равномерного движения:

$$t_{зан.i} = t_{общ} * x_i, \quad (1)$$

- для равноускоренного движения:

$$t_{зан.i} = t_{общ} * \sqrt{x_i}, \quad (2)$$

где $t_{общ}$ – общее время занятия маршрута, определялось в соответствии с расчетом по Инструкции; x_i – доля составной части маршрута для i -того элемента к общей длине маршрута.

Обоснование принятых формул (1) и (2).

Из общеизвестных формул равноускоренного движения

$$S = S_0 + V_0 t + \frac{a*t^2}{2} \quad (3)$$

и

$$S = \frac{V^2 - V_0^2}{2*a}, \quad (4)$$

при начальной или конечной скоростях равных нулю (для отправления или прибытия поезда соответственно) можно вывести ускорение поезда

$$a = \frac{2*S}{t^2} \quad (5)$$

и время движения по маршруту

$$t = \sqrt{\frac{2*S}{a}}. \quad (6)$$

Из формул (5) и (6) можно получить время размыкания i -того элемента маршрута:

$$t_{зан.i} = \sqrt{\frac{2*S_{разм.i}}{a}} = \sqrt{\frac{2*S_{разм.i}*t_{общ}^2}{2*S_{общ}}} = t_{общ} * \sqrt{\frac{S_{разм.i}}{S_{общ}}}, \quad (7)$$

где $S_{разм.i}$ – длина маршрута до i -того элемента (включая длину поезда или подвижного состава); $S_{общ}$ – общая длина маршрута (включая длину поезда или подвижного состава).

Отношение $\frac{S_{разм.i}}{S_{общ}}$ – показывает какую долю от общего маршрута занимает длина маршрута до размыкающегося i -того элемента, в формуле (1) и (2) (для равномерного движения аналогичный вывод) заменяется на значение x_i , которое определяется методом интерполяции для каждого маршрута, тем самым усредняются полученные значения для заданной горловины и получаются более обобщенные выводы.

Таблица 2

Ведомость загрузки элементов СГ

№ элемента СГ	№№ СП входящих в элемент	Итоговое время занятия постоянными операциями, мин	Итоговое время занятия изменяющимися операциями, мин
1	30,36	60,00	
2	2,8,10	51,70	203,76
3	16	51,28	208,08
4	18,28	23,14	310,19
5	44	21,20	361,40
6	40,26	6,20	156,37
7	24,22	51,80	150,59
8	6	60,80	328,00
9	4,20	49,60	308,20
10	32,34	47,60	129,20
11	38	8,00	136,00
12	12,14	88,44	399,98

Расчет по указанным формулам для каждого вида маршрутов с учетом размеров движения показал (см. табл. 2), что лимитирующим элементом в данной горловине будет №12 (СП №12 и №14), что не соответствует результату расчета по Инструкции, но больше соответствует фактически реализуемым передвижениям по СГ.

Влияние возможных перерывов в использовании стрелок расчетного элемента из-за наличия враждебных передвижений по остальным элементам горловины учитывается коэффициент α_r , значение которого определяется по формуле:

$$\alpha_r = 0,944 - 0,0103 * \omega, \quad (8)$$

где ω – величина, характеризующая сложность работы рассматриваемой СГ (с точностью до 0,01):

$$\omega = \frac{M_0 - M_1}{\Xi_0 - 1}, \quad (9)$$

где M_0 – общее число маршрутов в рассматриваемой горловине; M_1 – число маршрутов с занятием расчетного элемента горловины; Ξ_0 – наибольшее возможное число одновременно осуществляемых передвижений в рассматриваемой горловине.

Так, для горловины на рис. 1 (см. табл. 2.4 Инструкции) $M_0 = 30$, $M_1 = 14$ и одновременно возможно осуществление не более трех передвижений $\Xi_0 = 3$. Следовательно, по формуле (9) $\omega = \frac{30-14}{3-1} = 8$ и по формуле (8) $\alpha_r = 0,944 - 0,0103 * 8 = 0,8616$.

Коэффициент использования ПС СГ будет определяться по формуле:

$$K = \frac{\sum t_{\text{зан}}^r * (1 + \rho_r)}{\alpha_r * 1440 - (\sum t_{\text{зан.п.}}^r + t_{\text{тех}}^r)}, \quad (10)$$

где $\sum t_{\text{зан}}^r$ – общее время занятия расчетного элемента изменяющимися операциями (из табл. 2), 399,98 мин; ρ_r – коэффициент, учитывающий отказы устройств ЭЦ ($\rho_r = 0,01$); 1440 – суточный бюджет времени, мин; $\sum t_{\text{зан.п.}}^r$ – время занятия расчетного элемента СГ постоянными операциями (из табл. 2), ($\sum t_{\text{зан.п.}}^r = 88,44$ мин); $t_{\text{тех}}^r$ – время занятия горловины текущим обслуживанием, плановыми видами ремонта или снегоуборкой (см. табл. 2.3 Инструкции) ($t_{\text{тех}}^r = 25$ мин).

Для рассматриваемой СГ коэффициент использования по формуле (10) составит:

$$K = \frac{399,98 * 1,01}{0,8616 * 1440 - (88,44 + 25)} = 0,358.$$

ПС рассматриваемой СГ будет определяться по формуле:

$$N_j = \frac{N_j'}{K},$$

где N_j' – исходные размеры движения поездов j -ой категории.

Таким образом, ПС составит:

1. По приему транзитных грузовых поездов:

$$N_j = \frac{38}{0,358} = 106 \text{ поездов (по Инструкции 96 поездов).}$$

2. По приему участковых грузовых поездов:

$$N_j = \frac{9}{0,358} = 25 \text{ поездов (по Инструкции 22 поезда).}$$

3. По отправлению транзитных грузовых поездов:

$$N_j = \frac{25}{0,358} = 69 \text{ поезда (по Инструкции 63 поезда).}$$

4. По отправлению участковых грузовых поездов:

$$N_j = \frac{9}{0,358} = 25 \text{ поездов (по Инструкции 22 поезда).}$$

По результатам исследования можно сделать следующий основной вывод:

Учет посекционного размыкания стрелочных переводов в станционной горловине необходим, так как позволяет выделить реальные лимитирующие элементы и учесть пропуск большего количества поездов. В рассмотренном примере расчётный уровень пропускной способности повышается примерно на 10%.

Библиографический список

1. Инструкция по расчету наличной пропускной способности железных дорог : Утв. ОАО «РЖД» 16 ноября 2010 г. – М.: ОАО «РЖД», 2010. – 305 с.
2. Расчет и использование пропускной способности железных дорог: монография / Д.Ю. Левин, В.Л. Павлов. – М.: ФГОУ «Учеб.-метод. центр по образованию на ж.-д. транспорте», 2011. – 364 с.
3. Пропускная способность транспортных систем / И.Т. Козлов – М.: Транспорт, 1985 – 214 с.
4. Обоснование рационального секционирования путей в горловинах парков технический станций / М.В. Четчуев // Известия Петербургского университета путей сообщений. – СПб.: ПГУПС, 2012. – Вып. 3 (32). – С. 73-81.
5. Определение зависимостей между параметрами станционных горловин / А.С. Шепель // Транспорт: проблемы, идеи, перспективы: Сб. тр. LXXV юбил. Всерос. науч.-технич. конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. – СПб.: ПГУПС. – 2015. – С. 245-251.

УДК 681.5

О НАВИГАЦИИ МОБИЛЬНЫХ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ И БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ ТРАНСПОРТНЫХ ЛОГИСТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Хомоненко А.Д.^{1,2}, Яковлев Е.Л.², Арчаков С.Н.²

¹ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I» (Санкт-Петербург)

² Федеральное государственное бюджетное военное образовательное учреждение высшего образования «Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского» (Санкт-Петербург)

Мобильные робототехнические комплексы (РТК) находят все более широкое применение почти во всех областях деятельности человека, в том числе активное их использование происходит в различных логических системах. Процесс навигации и наведения современных логистических мобильных РТК зачастую сопряжен с постоянным и активным перемещением в динамическом окружении. На сегодняшний день в связи с интенсивным оснащением роботами всех сфер народного хозяйства, силовых структур, применение РТК в космической деятельности и т.д. появилась серьезная необходимость создания таких систем управления роботами, которые могли бы не только уметь двигаться по заранее определенным маршрутам, обнаруживать различные препятствия, но и распознавать их, с целью корректировки управления в сложной динамической среде.

Современные спутниковые системы навигации позволяют обеспечить высокие характеристики точности и оперативности решения задач позиционирования объектов и находят весьма широкое применение. Для навигации РТК внутри помещений используются Wi-Fi сети [1], различные метки, например, двумерные штрих-коды [2], маяки i-beacon и др. Это происходит из-за сильного ослабления спутниковых сигналов при прохождении их через препятствия. К сожалению, возникают ситуации, когда невозможно разместить заранее навигационную сеть в виде Wi-Fi сетей или разнообразных меток, а решение задачи навигации с помощью инерциальных систем не дает необходимой точности. Решение такого рода задач предполагается с помощью технического зрения.

В статье [3] рассматривается метод управления по изображению, состоящий в возможности нахождения непрерывного преобразования, связывающего два изображения – текущее и целевое, желаемое. Для этого используются частотный метод на основе теории представления групп и пространственные методы на основе оптических потоков или локальных корреляций областей изображения.

Вместе с тем, полученные результаты в [4] показывают, что ограниченные вычислительной мощности системы управления роботами в большинстве случаев допускают только дистанционное или супервизорное управление роботом. Задачи навигации и наведения во время движения робота в сложной динамической среде в реальном времени могут быть решены с помощью высокопроизводительных процессоров, с использованием графических ускорителей или ASIC-процессоров.

Таким образом, для решения задач автономного управления РТК, при ограниченных вычислительных ресурсах бортового вычислительного комплекса более логичным является использование не непосредственно всего изображения, а его частей: контуров, особых точек, статистических данных

В докладе обсуждается подход к управлению логистическими РТК и БПЛА на основе системы технического зрения с использованием отдельных признаков изображений, вычисляемых с помощью алгоритмов определения границ объектов изображения.

С помощью бортового вычислительного комплекса изображения, полученные с внешних камеры или камер исследуются на предмет определения контуров и линий. Предполагается, что в памяти будет храниться цифровая эталонная карта местности (объекта) и база данных эталонных объектов в виде контурных описаний. Бортовой вычислитель, сравнивая результаты обработки полученных изображений в виде контуров и линий, с эталонной картой, проверяет на предмет обнаружения объектов из базы данных, решая таким образом навигационную задачу. Для решения задачи сравнения эталонной информации с поступающей в режиме реального времени предполагается использовать математический аппарат на основе нечеткой логики и с использованием базы нечетких правил. Для возможности работы такой системы в реальном масштабе времени необходимо использование таких алгоритмов распознавания контуров, которые смогут обеспечить приемлемую точность и вычислительную реализуемость средствами бортового вычислительного комплекса.

При обнаружении нужных контуров и линий на изображении может возникнуть необходимость преобразования его к определенному виду, из-за того, что исходная картинка может быть различной в каждом случае, например, при получении изображения в различных условиях освещенности и с разных углов съёмки, то придется подстраиваться под нее специальными способами. Существуют много алгоритмов выделения границ на изображении, каждый из которых предназначен для определенных целей.

Для данной задачи предполагается использование алгоритмов распознавания контуров изображений, предложенного Кенни [5] и с помощью оператора Собеля [6].

Детектор границ Кэнни – оператор обнаружения границ изображения, разработан Джоном Кэнни и используется для обнаружения широкого спектра границ в изображениях. Несмотря на то что алгоритм разработан на заре компьютерной обработки изображений, указанный детектор границ до сих пор является одним из лучших.

Реализация алгоритма включает следующие этапы:

1. Сглаживание. Размытие изображения для удаления шума с помощью фильтра Гаусса:

$$f(x, y) = \frac{1}{2 + \pi + \sigma^2} * \exp\left(-\frac{x^2 + y^2}{2 + \sigma^2}\right).$$

Причем, значение фильтра хорошо приближается к первой производной гауссианы с помощью $\sigma = 1.4$.

2. Поиск градиентов. Границы выделяются там, где градиент изображения приобретает максимальное значение. Для обнаружения горизонтальных, вертикальных, и диагональных ребер в полученном изображении применяются четыре фильтра.

$$G = \sqrt{G_x^2 + G_y^2}, \quad \theta = \arctan\left(\frac{G_y}{G_x}\right).$$

3. Подавление не максимумов. Только локальные максимумы отмечаются как границы.

4. Двойная пороговая фильтрация. Потенциальные границы определяются пороговыми.

5. Трассировка области неоднозначности. Итоговые границы определяются путём подавления всех краёв, несвязанных с определенными (сильными) границами.

В целях уменьшения вычислительной сложности реализации алгоритма исходные изображения обычно преобразуются в оттенки серого. Кроме того, с помощью регулируя входные потоки можно изменять потенциальные границы, определяя требуемое качество распознавания границ.

Оператор Собеля представляет собой дискретный дифференциальный оператор, вычисляющий приближённое значение градиента яркости изображения. Результатом применения оператора Собеля в каждой точке изображения является либо вектор градиента яркости в этой точке, либо его норма. Для получения приближения соответствующего градиента изображения используются значения интенсивности в окрестности каждого пиксела – 3x3, и применяются только целочисленные значения весовых коэффициентов яркости для оценки градиента.

Если A – исходное изображение, а G_x , G_y – изображения, на которых каждая точка содержит приближённые производные по x и по y , тогда:

$$G_y = \begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ +1 & +2 & +1 \end{bmatrix} * A, \quad G_x = \begin{bmatrix} -1 & 0 & +1 \\ -2 & 0 & +2 \\ +1 & 0 & +1 \end{bmatrix} * A.$$

Преимуществом оператора Собеля и подобных ему алгоритмов является возможность реализации распараллеливания на произвольное число потоков, что позволяет применять многоядерные вычислительные системы.

Таким образом, для выбора оптимального алгоритма необходимо провести исследование, чтобы определить вычислительную сложность при требуемой оперативности и необходимой точности распознавания границ.

Реализация подобного подхода по управлению беспилотными летательными аппаратами по доставке срочных грузов, например, медицинского оборудования пострадавшим в труднодоступной местности, позволит вести в автономном режиме облет

местности по заранее введённой цифровой карте, определению текущего положения, распознаванию новых объектов, которые являются целью для доставки грузов, но присутствуют в базе данных, решая таким образом задачи мониторинга и обнаружения.

Для мобильных робототехнических комплексов логистических систем такое решение позволит решать навигационные задачи внутри помещений, при отсутствии других навигационных источников, определять препятствия и также решать задачи мониторинга и обнаружения.

Библиографический список

1. Новиков П.А., Хомоненко А.Д., Яковлев Е.Л. Комплекс программ для навигации мобильных устройств внутри помещений с помощью нейронных сетей // Информационно-управляющие системы. – 2016. – № 1 (80). – С. 32-39.
2. Абдрахманова А.М., Намиот Д.Е. Использование двумерных штрих кодов для создания системы позиционирования и навигации в помещении // Прикладная информатика. – 2013. – № 1. – С. 31-39.
3. Макарычев В.П. Визуальное управление движением роботов // Робототехника и техническая кибернетика. – 2014. – № 4 (5). – С. 6-9.
4. Системы машинного зрения мобильных роботов / В.А. Беликов, В.В. Жога, В.Н. Скакунов // Известия Волгоградского государственного технического университета. – 2014. – Выпуск №25 (152). – Том 22.
5. JOHN CANNY, A Computational Approach to Edge Detection // IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence, vol. pami-8, no. 6, november 1986.
6. Ватутин Э.И., Мирошниченко С.Ю., Титов В.С. Программная оптимизация оператора Собеля с использованием SIMD-расширений процессоров семейства x86. Телекоммуникации. – 2006. – № 6. – С. 12-16.

УДК 681.5

О ПОЗИЦИОНИРОВАНИИ РОБОТОВ В ЛОГИСТИЧЕСКИХ ЦЕНТРАХ НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛИДАРОВ С ОБРАБОТКОЙ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Яо Ду^{1,2}, Хомоненко А.Д.^{2,3}, Гаврилова Н.А.²

¹ Пекинский транспортный университет (Пекин, Китайская народная республика)

² Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I» (Санкт-Петербург)

³ Федеральное государственное бюджетное военное образовательное учреждение высшего образования «Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского» (Санкт-Петербург)

Введение

В настоящее время роботы используются для автоматизации многих задач в различных областях. Логистика не стала исключением и постоянно ищет новые способы для автоматизации. Многие процессы не нуждаются в участии человека. Это, несомненно, улучшает качество логистики, устраняя человеческий фактор. Автоматизация логистики идет сразу по нескольким направлениям благодаря появлению нескольких семейств различных роботов.

Для полной автоматизации робота важна задача определения своего положения независимо от внешних условий [8]. Для планирования пути следования и предотвращения столкновения с препятствиями целесообразно использовать лидар совместно с

обработкой изображений. Совокупность этих двух возможностей позволит роботу лучше понимать и отслеживать все изменения окружающего пространства.

1. О навигации с помощью лидара с использованием изображений

При разработке автоматизированной техники требования к оперативным измерениям быстро растут. В отличие от контактных измерений, бесконтактное измерение [1] может выполняться в реальном времени, поэтому в инженерных практических проектах все больше внимания уделяется бесконтактному измерению. Так, для навигации робота предлагается использовать лидар, который широко используется при измерении в реальном времени.

Основным принципом измерения является то, что луч, испускаемый лидаром, проецируется на поверхность объекта и имеет линейную форму для представления геометрической особенности профиля поверхности измеряемого объекта. Зачастую полученные результаты неравномерны и имеют неровности, что очень сильно влияет на точность измерения. Для сглаживания полученных кривых предлагается использовать следующие методы.

2. Методы сглаживания

2.1. Получение лазерной линии

Используя технологию линейной лазерной триангуляции, сначала следует извлечь центральную линию лазерной полосы. Для этого нужно выполнить следующее:

1. Получить лазерную линию в захваченном изображении.
2. Уточнить предыдущую выделенную линию, чтобы получить осевую линию с шириной в один пиксель.
3. Удалить шум из лазерной линии.

Для полученных изображений измеряемого объекта линейным лазером извлекается информация о данных облачных точек [2]. Затем уточнение лазерной линии выполняется на основе канонического алгоритма. Наконец, рассчитывается осевая линия шириной в один пиксель. На рис. 1 показана блок-схема обработки лазерной линии.

2.2. Модель с различной формой

Для одной гладкой выпуклой поверхности линия лазера является непрерывной кривой. Когда поверхность имеет сложную поверхность, лазерная линия становится сегментной кривой, а точка начала каждой части являются ключевой точкой измеряемой поверхности. Если всю линию просто сгладить то, это приведет к искажению фактического контура объекта. Ключевым моментом для предметов сложной формы является определение узла функции.

В соответствии с изменением кривизны поверхности измеренного объекта ее можно разделить на две категории:

- Одинарная гладкая поверхность, как показано на рис. 2. А, В – начало и конец лазерной линии. Это узлы функций.
- Нерегулярная поверхность, как показано на рис. 3. А, D является начальной точкой и конечной точкой лазерной линии. А, D, В, С являются узлами функций. Если игнорировать узлы функций, то это приведет к ошибке при сглаживании.

Узлы функций рассматриваются как ключевые моменты, а метод подбора полиномиальной кривой методом наименьших квадратов основан на указанных выше узлах функций.

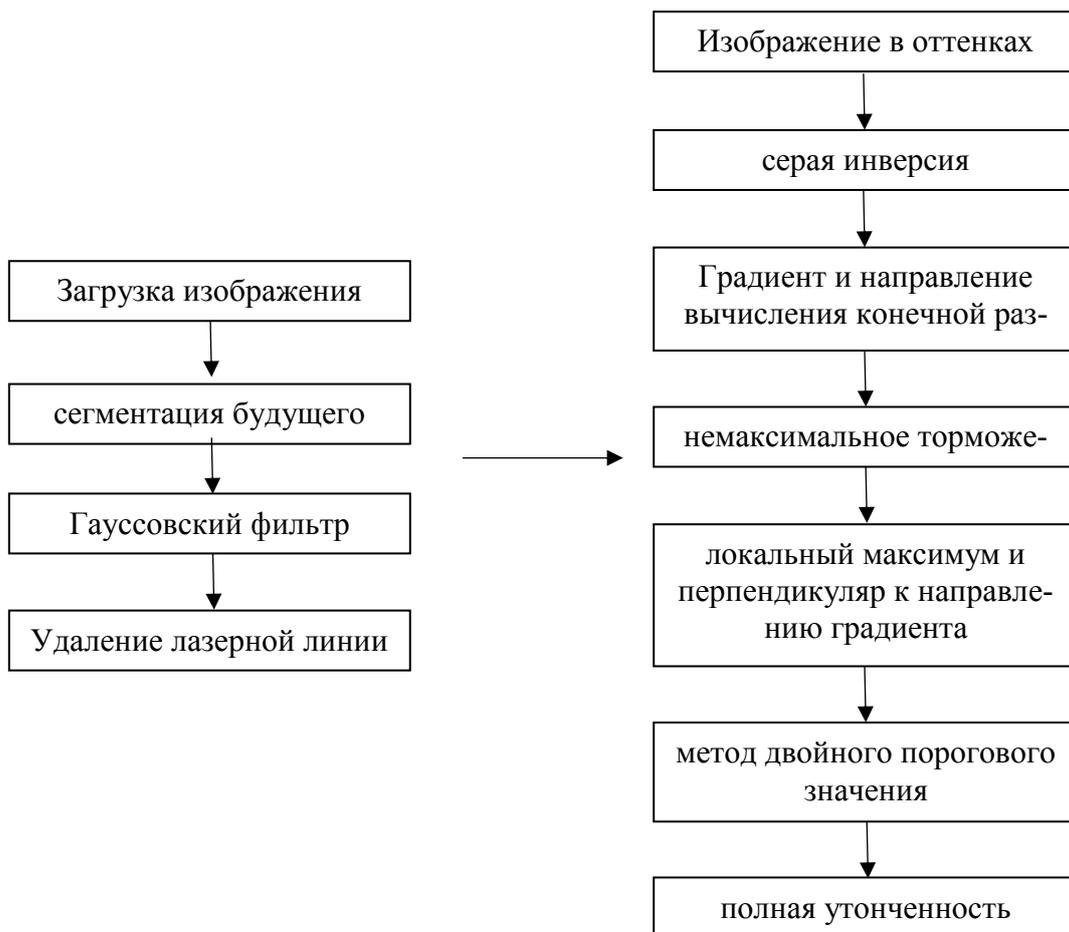


Рис. 1. Блок-схема обработки лазерной линии

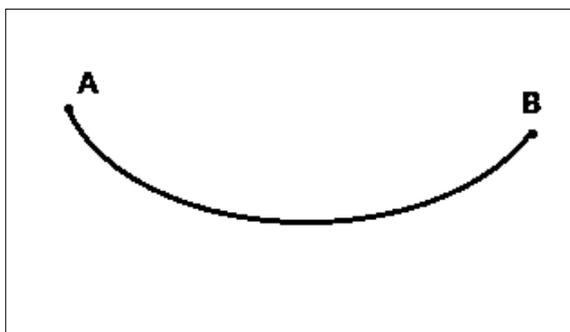


Рис. 2. Лазерная линия с 2-мя функциональными узлами

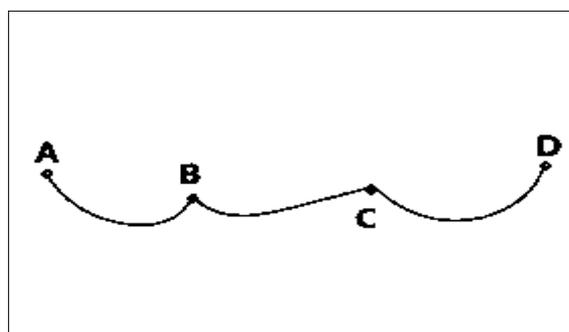


Рис. 3. Лазерная линия с 4-мя функциональными узлами

2.3. Аппроксимации кривой на основе функциональных узлов

В каждой кривой устанавливается кусочно-полиномиальная кривая с характеристиками узлов как разделительной (отсечной) точки, и получаются соответствующие ограниченные полиномиальные уравнения фитингов.

Интервал аргумента уравнения характеризуется характеристическими узлами (узлами признаков), а кривая смежных подсекций непрерывна в характеристических узлах, а полная характеристическая кривая поперечного сечения получается путем наложения кривых и подгонки всех секций.

Уравнение кривой, которое должно быть установлено на кусочной кривой $\phi_k(t)$ ($k = 1, 2, \dots, N$), имеет вид:

$$\phi_k(t) = \sum_{i=1}^n x_i t^{i-1} \quad n \leq N, a_{k-1} \leq t \leq a_k, \quad (1)$$

где i – порядок финишного полинома, целые положительные числа; x_1, x_2, \dots, x_n – полиномиальные параметры, которые могут быть получены с помощью традиционного полиномиального подмножества наименьших квадратов [3].

Для обеспечения непрерывности кривой перехода $\phi_k(t)$ в $\phi_{k+1}(t)$ на a_k требуется, чтобы значения обоих концов кривой сечения сохранялись в одном функциональном узле.

$$\phi_k(a_k) = \phi_{k+1}(a_k). \quad (2)$$

В то же время для обеспечения плавного перехода при a_k между кривыми требуется, чтобы первая производная $\phi_k(t)$ и $\phi_{k+1}(t)$ была равна a_k [4].

$$\phi_k(a_k)' = \phi_{k+1}(a_k)'. \quad (3)$$

3. Определение предметов на основе инвариантов моментов

В задаче определения предметов на изображении можно использовать информационные маркеры, нанесенные на объекты. Маркеры могут нести в себе информационную нагрузку, такую как, габариты или вес предмета. Для примера можно использовать *QR*-код.

Для быстрого распознавания нужного маркера в составе изображения целесообразно использовать семь инвариантов моментов [5, 6]. В своей работе (Hu, 1962) сформировал семь функций центральных моментов, которые инвариантны относительно сдвигов, вращений и масштабирования:

$$\begin{aligned} \phi_1 &= \eta_{20} + \eta_{02}; \quad \phi_2 = (\eta_{20} + \eta_{02})^2 + 4\eta_{11}^2; \quad \phi_3 = (\eta_{30} - 3\eta_{12})^2 + (3\eta_{21} - \eta_{03})^2; \\ \phi_4 &= (\eta_{30} + \eta_{12})^2 + (\eta_{21} + \eta_{03})^2; \\ \phi_5 &= (\eta_{30} - 3\eta_{12})(\eta_{30} + \eta_{12})((\eta_{30} + \eta_{12})^2 - 3(\eta_{21} + \eta_{03})^2) + (3\eta_{21} - \eta_{03})(\eta_{21} + \eta_{03})(3(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - (\eta_{21} + \eta_{03})^2); \\ \phi_6 &= (\eta_{20} - \eta_{02})((\eta_{30} + \eta_{12})^2 - (\eta_{21} + \eta_{03})^2) + 4\eta_{11}(\eta_{30} + \eta_{12})(\eta_{21} + \eta_{03}); \\ \phi_7 &= (3\eta_{21} - \eta_{03})(\eta_{30} + \eta_{12})((\eta_{30} + \eta_{12})^2 - 3(\eta_{21} + \eta_{03})^2) - (\eta_{30} - 3\eta_{12})(\eta_{21} + \eta_{03})(3(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - (\eta_{21} + \eta_{03})^2). \end{aligned}$$

Для полученного изображения требуется вычислить двумерные моменты порядка $(p + q)$, которые определяются по формуле:

$$m_{pq} = \sum_x \sum_y x^p y^q f(x, y),$$

где $f(x, y)$ – задает исходное изображение.

Чтобы момент обладал инвариантностью к сдвигу изображения, определяются центральные моменты через координаты тяжести изображения. Чтобы изображение было инвариантно к масштабированию, центральные моменты необходимо нормировать [7].

Полученные инварианты сравниваются с аналогичными инвариантами, рассчитанными для маски. Если полученное значение соответствует эталонному значению с небольшой погрешностью, то считается, что объект распознан.

Заключение

Предложенный подход позволяет с высокой точностью производить бесконтактное измерение сложных поверхностей при помощи лидара и выполнять сглаживание полученных данных, используя аппроксимацию полиномиальной кривой. Названный метод может достаточно точно показывать контуры измеряемых предметов. Повысить информационные характеристики предлагается дополнительным анализом изображений.

Библиографический список

1. He Peipei, Wan Youchuan, Yang Wei et al. Automatic Registration of Urban Laser Point Cloud with Aerial Image Data Based on Straight-Lines [J]. ACTA OPTICA SINICA, 2015, 35(05):360-368.
2. Dong Jing, Yang Xia, Yu Qifeng. Fast Line Segment Detection Based on Edge Connecting. ActaOptica Sinica, 2013, 33(03):220-227.
3. Li Qingyang, Wang Nengchao, Yi Dayi. Numerical Analysis [M]. Tsinghua University Press: 2009: Chapter III.
4. WANG Ke, TANGZhong-hui, SUN Xing-wei. A Curve Fairing Processing Algorithms of Point Cloud Data. Modular Machine Tool & Automatic Manufacturing Technique, 2013, (02):64-66+69.
5. Hu M. Visual Pattern Recognition by Moment Invariants // IRE Trans. InformationTheory. – 1962. – Vol. 8. – P. 179-187.
6. Жигалко Е.Ф. Особенность асимптотических свойств интегральных инвариантов // Интеллектуальные технологии на транспорте. 2015. – № 4 (4). – С. 55-58.
7. Старобинец Д.Ю., Хомоненко А.Д., Гаврилова Н.А. Автоматический выбор параметров сжатия изображений с потерями на основе инвариантных моментов при дистанционном зондировании Земли // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2017. – Т. 14. – № 5. – С. 26-36.
8. Яо Ду, Цзиву Ван, Вэньшэн Сюй, Сугишака Масанори. Исследование позиционирования цели для всенаправленного мобильного манипулятора с 3 степенями свободы на основе машинного зрения // Интеллектуальные технологии на транспорте. – 2017. – № 3. – С. 39-42.

УДК 656.2

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ОЦЕНКЕ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ИНФРАСТРУКТУРЫ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

Аксёничков А.А.

Белорусский государственный университет транспорта (Гомель, Республика Беларусь)

Для повышения конкурентоспособности международных транспортных коридоров необходимо владеть оперативной информацией о состоянии инфраструктуры железнодорожного транспорта Республики Беларусь. Это позволит развивать её в соответствии с новыми условиями работы Республики Беларусь в Евразийском экономическом союзе.

От пропускной способности железнодорожных участков, входящих в международные транспортные коридоры, железнодорожных станций, обеспечивающих обработку поездов, на направлениях зависят перспективы повышения транзитных потоков, которое приведет к экономическому развитию, как Белорусской железной дороги, так и

социальному развитию республики и эффективному выполнению функции по обеспечению потребности экономики страны и граждан.

Для перспективного планирования и распределения доступа перевозчиков к инфраструктуре железнодорожного транспорта, а также оперативного планирования при пропуске поездов по железнодорожным участкам Белорусской железной дороги необходимо учитывать важную характеристику транспортной системы – наличную пропускную способность и ее резерв. Задача по определению пропускной способности является, сложной и трудоемкой.

Обычно расчет пропускной способности производился вручную инженерно-техническим персоналом, период, выделенный для решения, сильно ограничен. Возможности инженера позволяют рассмотреть небольшое количество вариантов за предоставленный период. Выбор наилучшего варианта рассчитанных пропускных способностей инфраструктуры возможен только из рассмотренных.

Учитывая выше приведенные условия проведения расчетов пропускной способности на Белорусской железной дороге, учреждение образования «Белорусский государственный университет транспорта» разработал и внедрил в промышленную эксплуатацию АРМы «Пропускная способность железнодорожных участков» (2011) и «Пропускная способность железнодорожных станций» (2013). Программные продукты ускорили проведения расчетов и увеличили количество рассматриваемых вариантов при изменении нагрузки на инфраструктуру Белорусской железной дороги.

Интегрирование программ в единый комплекс повышает результативность планирования, эффективность использования ресурсов, создает синергетический эффект в достижении общих целей организации транспорта.

Единый комплекс позволит определять пропускную способность железнодорожных направлений по элементам, выявлять «узкие» места при заданном объеме поездопотока. Создавать варианты распределения поездопотока для снижения нагрузки на ограничивающие места.

Единый комплекс позволит решать задачи, стоящие перед: оперативными работниками – определение маршрута пропуска потока поездов с уменьшением нагрузок на ограничивающие элементы с учетом параллельных ходов; инженерно-техническим работникам – повышение пропускной способности направления и резерва с минимальными затратами при заданном потоке поездов.

Единый комплекс состоит из трех модулей:

- модуль «Железнодорожные участки» – выполняет расчет наличной пропускной способности железнодорожных участков и ее резерв (реализован и используется в настоящее время);

- модуль «Железнодорожные станции» – выполняет расчет наличной пропускной способности элементов железнодорожной станции (реализован и используется в настоящее время);

- модуль «Сеть железной дороги» – позволит создавать расчетное железнодорожное направление, проводить оценку резерва пропускных способностей инфраструктуры Белорусской железной дороги и предлагать различные варианты пропуска вагонопотоков по железнодорожным участкам для оперативного и стратегического планирования (см. табл. 1).

Информационное обеспечение расчета состоит из:

- информации о потоке поездов по периодам планирования – берется в автоматизированном режиме из информационной аналитической системы поддержки управленческих решений по грузовым перевозкам (ИАС ПУРГП);
- информации о техническом состоянии железнодорожных участков – база данных в АРМ «Пропускная способность железнодорожных участков»;

- информации о временах хода поездов по перегонам и станционные интервалы – база данных в АРМ «Графист»;
- информации о наличной пропускной способности железнодорожных станций – база данных в АРМ «Пропускная способность железнодорожных станций».

Таблица 1

Составляющие оперативного и стратегического планирования

Оперативное планирование	Стратегическое планирование
<i>Решаемая задача</i>	
Определение маршрута пропуска вагонопотока при наименьшей загрузке железнодорожных участков и станций	Повышение пропускной способности и резерва при заданной величине вагонопотока
<i>Информация для решения задачи</i>	
Подход поездов к железнодорожным станциям и стыковым пунктам по периодам планирования	Накопленная статистика о величине потока поездов за период по железнодорожным станциям и стыковым пунктам
<i>Способ представления железнодорожной сети</i>	
Интерактивная модель с возможностью выделения направлений для решения задачи оперативными работниками	Интерактивная модель с возможностью конструирования направления или железнодорожной сети инженерными работниками для решения задачи
<i>Критерии</i>	
Выбор маршрута пропуска вагонопотока с наименьшими нагрузками на ограничивающие элементы с учетом возможностей параллельных ходов	Минимум капитальных затрат на усиление пропускной способности инфраструктуры Белорусской железной дороги
<i>Прогноз и предлагаемые варианты</i>	
Прогноз «узкого места»; прогноз момента наступления «узкого места»; сценарий по выходу из ситуации с учетом текущей ситуации	Прогноз потока поездов по железнодорожным участкам направления и станциям на основе статистики за период наблюдения. Определение «узкого места» на перспективу

Выходные формы, выдаваемые комплексом программ, различаются способом представления:

- для оперативного персонала – проложенный маршрут на интерактивной схеме сети железной дороги; выявление места и момента появления «узкого места» при прогнозировании развития ситуации, в условиях пропуска планируемого вагонопотока;
- для инженерно-технического персонала – исходные данные и результаты расчета пропускных способностей железнодорожных участков и станций в табличном виде при проведении мер повышения пропускной способности инфраструктуры Белорусской железной дороги; проведение прогноза с разработкой и оценкой системы мер по изменению технического оснащения инфраструктуры на перспективу в табличной форме.

Для нахождения маршрутов пропуска поездопотока, с минимальными эксплуатационными затратами с учетом возможностей параллельных ходов, необходимо решить экономическую задачу. Исходные данные следующие: N – множество рассматриваемых поездов; J – множество маршрутов пропуска поездов; K – множество технических же-

лезнодорожных станций; M – множество стыковых железнодорожных станций; H – множество железнодорожных участков инфраструктуры, которые используются в маршрутах пропуска; T – доход от пропуска одного поезда по маршруту; c – себестоимость пропуска одного поезда по маршруту; $N_{ст}$ – наличная пропускная способность технических железнодорожных станций; $N_{уч}$ – наличная пропускная способность железнодорожных участков; L – расстояние следования по маршруту.

Функция цели – минимум эксплуатационных расходов E_k^{map} на организацию пропуска вагонопотока по маршруту k железнодорожной сети:

$$E_k^{map} = \sum_{i=1}^1 E_i^{уч} + \sum_{j=1}^n E_j^{ст} \rightarrow \min, \quad (1)$$

где $E_i^{уч}$ – эксплуатационные расходы на пропуск потока поездов по железнодорожным участкам; $E_j^{ст}$ – эксплуатационные расходы на обработку потока поездов на железнодорожных станциях.

Ограничения:

1 – пропускная способность технических железнодорожных станций по маршруту пропуска $\Sigma N \leq N_{ст}$;

2 – пропускная способность железнодорожных участков по маршруту пропуска $\Sigma N \leq N_{уч}$;

3 – максимальное время нахождения на инфраструктуре Белорусской железной дороги при пропуске по маршрутам $\Sigma(t_{уч} + t_{ст}) \leq t_{доп}$.

Исходными данными, для реализации вышеприведенной модели, являются параметры транспортного процесса, которые могут браться в автоматизированном режиме из ИАС ПУРГП или вводятся в ручную для различных вариантов.

Единый комплекс позволит, производит автоматизированный расчет наличной пропускной способности железнодорожных участков и станции по направлениям; создавать различные варианты при изменении технологии пропуска поездов по железнодорожным участкам и технического оснащения инфраструктуры.

Дальнейшее развитие единого комплекса связано с созданием базы знаний (интеллектуальный компонент) на основе анализа маршрутов передвижения по железнодорожным участкам и станциям.

Расширение возможностей единого комплекса до уровня автоматизированной системы по оценке наличной пропускной способности и резерва железнодорожных участков и станций позволит оперативно оценивать технические и технологические возможности железнодорожных направлений при изменении объемов вагонопотока.

Библиографический список

1. Отчет о НИР № 6676 «Разработка прикладной программы расчета наличной пропускной способности железнодорожных участков Белорусской железной дороги» / В.Г. Кузнецов и др. – Гомель: БелГУТ, 2010. – 77 с.

2. Отчет о НИР № 7348 «Разработка автоматизации информационного обмена АРМ «Пропускная способность железнодорожных участков» с АРМ «Графист» / В.Г. Кузнецов и др. – Гомель: БелГУТ, 2012. – 75 с.

3. Отчет о НИР № 7348 «Разработка программного обеспечения по расчету пропускной способности элементов железнодорожных станций» / В.Г. Кузнецов и др. – Гомель: БелГУТ, 2013. – 97 с.

СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ДЛИТЕЛЬНОСТИ ОТВЛЕЧЕНИЯ ЛОКОМОТИВОВ ДЛЯ РЕМОНТА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПУТИ

Костенко В.В. ¹, Тимченко В.С. ², Хомич Д.И. ¹

¹ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I» (Санкт-Петербург)

² Общество с ограниченной ответственностью «Сити Транспорт Групп - Центр» (Санкт-Петербург)

Для развития и реконструкции инфраструктуры железных дорог используются высокопроизводительные железнодорожно-строительные машины. Современный парк путевых машин насчитывает свыше ста различных видов, из которых формируется более 50 вариантов комплексов с различными условиями их транспортировки и работы в «окно». В настоящее время разрабатываются и совершенствуются технологии производства путевых работ. Разнообразие путевых машин, их комплексов, а также дальность транспортировки и большое количество реализуемых «окон» ставят сложные задачи перед оперативным диспетчерским персоналом. Эффективное использование техники требует четкой координации всех участников процесса.

Одним из перспективных направлений развития транспорта является внедрение новых информационных технологий, связанных с эксплуатацией железнодорожного транспорта. Это обеспечивает эффективность использования имеющихся ресурсов, а также прозрачность процессов, происходящих в режиме реального времени.

Низкая эффективность существующей технологии выделения локомотивов для хозяйственных нужд вызвана большим количеством участников процесса (до 20 специалистов) и сложностью согласования всеми участниками процесса в ограниченных временных рамках.

Организация эффективной работы маневровых и магистральных локомотивов вышла на первый план, т.к. компания несет существенные затраты на обслуживание и содержание локомотивного парка при низкой отдаче, обусловленной их низкой загрузкой.

Распределение локомотивного парка по заявкам на локомотивы возложено на оперативных работников дирекции тяги (дежурный по локомотивному депо). Однако в большинстве случаев распределение парка для хозяйственных нужд перекладывается на диспетчерский аппарат. Локомотивный и поездной диспетчеры при взаимодействии с региональным диспетчером инфраструктуры совместно принимают решение о выделении локомотивов для исключения срыва путевых работ. Распределение локомотивов для заявки на один регион (20-30 локомотивов) требуется до 2 часов, что соответствует примерно 16% всего рабочего времени.

Для облегчения труда оперативного персонала были реализованы и внедрены программные продукты, основанные на среднестатистических данных характерных для железных дорог, без учёта особенностей транспортировки и работы путевых машин. Использование данных программных комплексов является не актуальным т.к. имеются существенные разногласия не только в потребном количестве, но и типе локомотивов.

Для решения проблемы была разработана программа [1-5] способная автоматически распределять имеющийся парк локомотивов как по техническим, так и по технологическим критериям путевых машин и их комплексов с учётом специфики работы, возможности использования локомотивов на последующих этапах работы.

Программа рассчитывает потребность по каждому типу локомотивов, а также их количество, которое можно отправить со станций назначения сразу после прибытия, и количество, которое требуется подослать для выполнения технологических операций.

Для определения требуемого количества локомотивов и их распределения по мощности весь объем путевых работ делится на:

- подготовительные (транспортировка материалов и техники к месту проведения работ);
- технологические (формирование хозяйственных поездов на станции);
- работу в «окно».

Как правило, при формировании заявки на выделение локомотива для хозяйственных работ рассматривается 5 типов локомотивов: маневровый локомотив, вывозной локомотив (2М62), пассажирский локомотив, грузовой электровоз и грузовой тепловоз.

Однако, кроме определения количества локомотивов, требуемых для производства путевых работ необходимо оценить длительность их отвлечения.

Поэтому развитием программы является решение задачи определения длительности отвлечения локомотивов по категориям для ремонта железнодорожного пути. Программа призвана выступить в роли системы поддержки принятия решений (СППР) в помощь локомотивному диспетчеру, освобождая его от многочисленных расчетов, которые требуется проводить в оперативном порядке в условиях острого дефицита времени.

Основной сложностью при определении длительности отвлечения i -го локомотива для нужд ремонтных работ, является определение момента времени окончания ремонтных работ для каждого вида путевых машин, который не может быть определен аналитически, а требует разработки графиков предоставления ремонтных работ, алгоритм разработки которых подробно описан в работе [6].

Рассмотрим этот момент более подробно на примере модернизации железнодорожного пути.

Модернизация кроме капитального ремонта пути на новых материалах включает работы по всей железнодорожной инфраструктуре (СЦБ, связь, электроэнергетика и т.д.).

Подготовительные и заключительные (отделочные) работы выполняются в технологические «окна».

Возможность частичного выполнения срезки земляного полотна в технологические «окна» затрудняет расчет требуемого количества «окон» при составлении графиков ремонтных работ. Поэтому на основе опыта специалистов, для срезки земляного полотна на ремонтируемых участках длиной менее 12 км дополнительно выделяются 3 восьмичасовых или 2 десятичасовых «окна». При длине участка более 12 км эта работа выполняется только в технологические и при совмещении с основными видами ремонтных работ без выделения отдельных «окон».

При модернизации железнодорожного пути к основным видам ремонтных работ [7] относятся:

1. Сохранение длинномерных рельсовых плетей;
2. Укладка новой рельсошпальной решетки (РШР);
3. Смена инвентарных рельсов на длинномерные плети (См);
4. Глубокая очистка балласта (ГО);
5. Чистовая выправка и динамическая стабилизация пути (ЧВ).

В последнее время длинномерные рельсовые плети не сохраняют, что сокращает количество предоставляемых «окон». Рельсовые плети разрезают на части по 25 м и

увозят вместе со старой рельсошпальной решеткой, а на ее место укладывают новую рельсошпальную решетку с инвентарными рельсами, поэтому не станем рассматривать этот вид работ.

Для сокращения количества «окон» часть работ выполняется путем совмещения ремонтных работ в разных местах ремонтируемого участка в течение одного «окна».

Возможность совмещения работ в течение одного «окна» [8-9] возникает, когда впереди идущий комплекс обеспечит протяженность участка работ следующему за ним комплексу, достаточную для работы этого комплекса без задержек.

Фрагмент графика работ по модернизации железнодорожного пути в восьмичасовые «окна» с указанием моментов времени окончания каждого вида работ представлен на рис. 1.

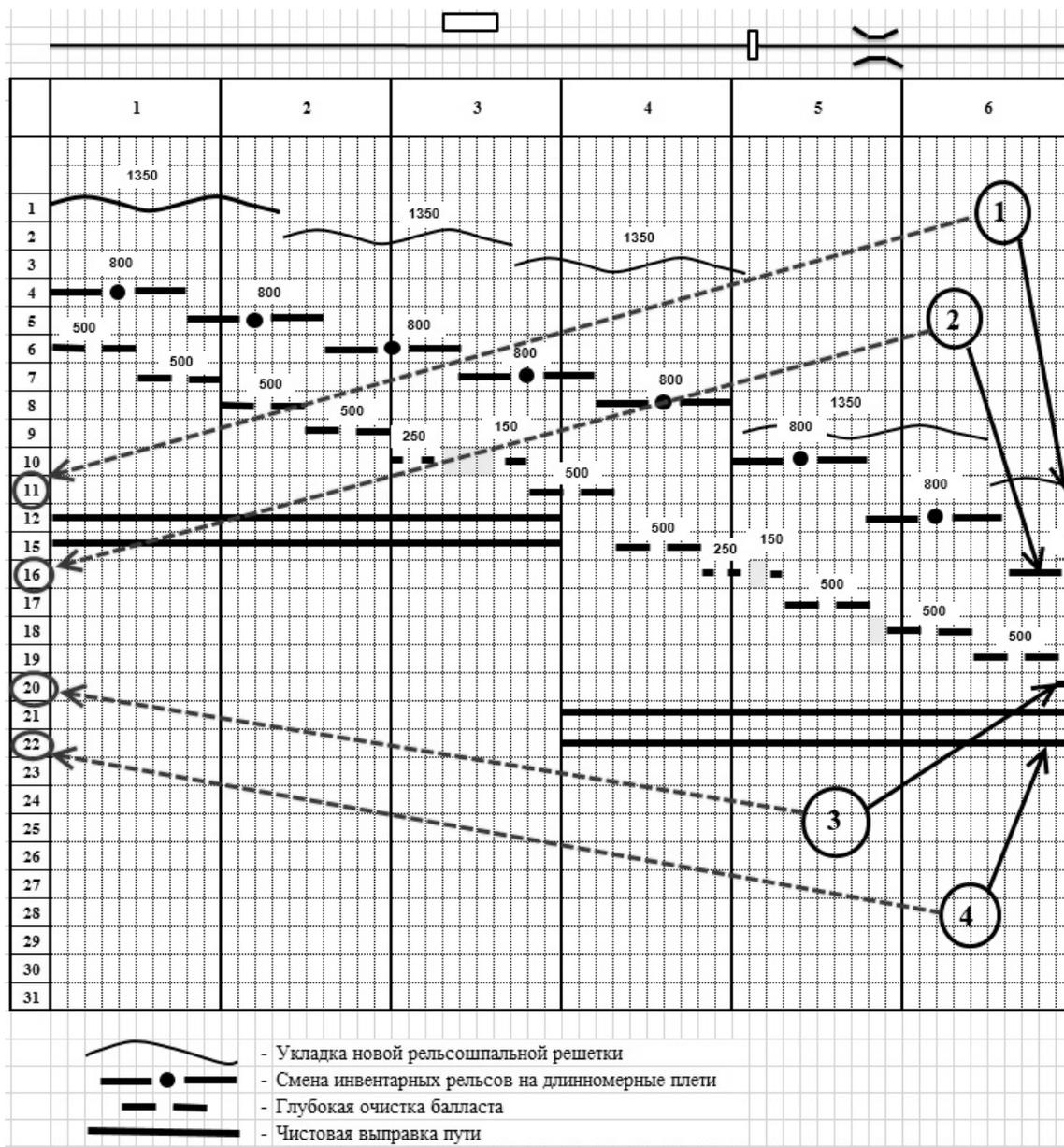


Рис. 1. Фрагмент графика работ по модернизации железнодорожного пути в восьмичасовые «окна» с указанием моментов времени окончания каждого вида работ

Расчет времени продолжительности видов ремонтных работ при модернизации железнодорожного пути является трудоемким и однообразным процессом, поэтому использование предлагаемой СППР, реализованной в имитационной среде Anylogic [10], для расчета длительности отвлечения i -го локомотива для нужд ремонтных работ позволяет значительно облегчить работу локомотивных диспетчеров. Вид окна ввода данных программы расчета времени окончания времени выполнения видов работ при ремонте железнодорожного пути представлен на рис 2.

Рис. 2. Вид окна ввода данных программы расчета времени окончания времени выполнения видов работ при ремонте железнодорожного пути

Ремонт железнодорожного пути длиной 12 км проводится в восьмичасовые ежедневно-предоставляемые «окна». Прочие исходные данные представлены на рис. 2.

Вид экрана результатов расчета времени окончания времени выполнения видов работ при ремонте железнодорожного пути представлено на рис. 3.

На время окончания времени выполнения видов работ при ремонте железнодорожного пути влияет периодичность предоставления «окон». Результаты расчетов для различных условий ремонта 12 километрового участка представлены в табл. 1.

Представленные в табл. 1 результаты позволяют определить время окончания занятости путевой техники на ремонтных работах и суммарное время отвлечения локомотивов по типам для всего цикла работ, а также моменты времени подсылки локомотивов для транспортировки техники с места проведения ремонтных работ к местам ее постоянной дислокации.

Следует отметить, что особенности проведения модернизации железнодорожного пути в местных условиях могут вызвать определенные расхождения с расчетными данными, поэтому на первом этапе в качестве эталонного значения расчетных величин времени окончания видов работ, после которых путевые машины не используются в процессе ремонта для модернизации железнодорожного пути для проведения расчетов были приняты следующие допущения:

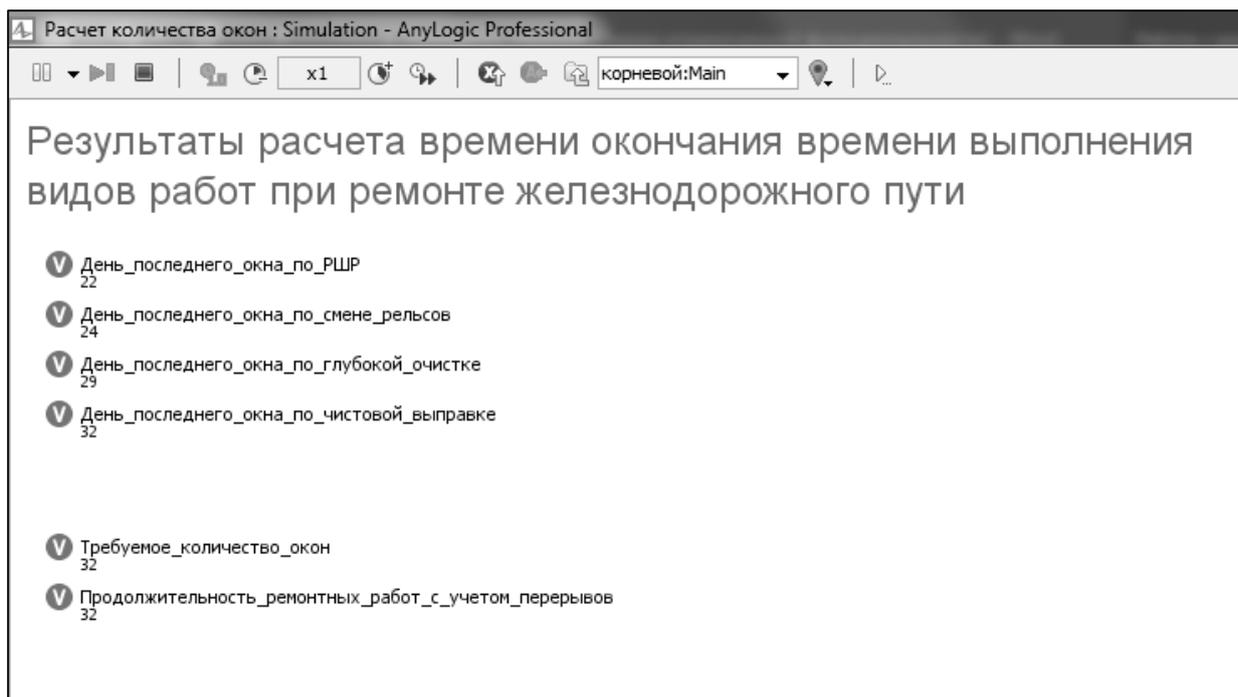


Рис. 3. Результаты расчета времени окончания времени выполнения видов работ при ремонте железнодорожного пути

Таблица 1

Результаты окончания времени выполнения видов работ для различных условий ремонта 12 километрового участка, дней

Периодичность ремонтных работ	Продолжительность «окна»		
	8 ч.	10 ч.	12 ч.
Без перерывов	РШР – 22 См – 24 ГО – 29 ЧВ – 32	РШР – 16 См – 18 ГО – 23 ЧВ – 26	РШР – 14 См – 15 ГО – 19 ЧВ – 23
1/1	РШР – 43 См – 47 ГО – 57 ЧВ – 63	РШР – 31 См – 35 ГО – 45 ЧВ – 51	РШР – 27 См – 29 ГО – 37 ЧВ – 45
1/2	РШР – 64 См – 70 ГО – 85 ЧВ – 94	РШР – 46 См – 52 ГО – 67 ЧВ – 76	РШР – 40 См – 43 ГО – 55 ЧВ – 67
2/1	РШР – 32 См – 35 ГО – 43 ЧВ – 47	РШР – 23 См – 26 ГО – 34 ЧВ – 38	РШР – 20 См – 22 ГО – 28 ЧВ – 34
2/2	РШР – 43 См – 47 ГО – 57 ЧВ – 63	РШР – 31 См – 35 ГО – 45 ЧВ – 51	РШР – 27 См – 29 ГО – 37 ЧВ – 45

1. Подготовительные работы заканчиваются на каждом из фронтов работ за сутки до начала укладки новой РШР.

2. Уборка старой РШР на каждом из фронтов работ, выполняется на каждом из фронтов работ в то же «окно», что и укладка новой РШР.

3. Выгрузка длинномерных рельсов и сварка плетей выполняются в «окна» «Смена инвентарных рельсов на длинномерные плети», представленные на графике (см. рис. 1).

4. Выправочно-отделосные работы выполняется на каждом из фронтов работ в то же «окно», что и глубокая очистка балласта.

5. Балластировка пути выполняется на каждом из фронтов работ в то же «окно», что и чистовая выправка пути.

6. Прочие нюансы, вызванные местными условиями ремонта железнодорожных участков на данном этапе работы, не учитываются.

Для расчета времени отвлечения локомотивов по типам для производства путевых работ ($t_{p.o.}^i$) все путевые машины распределены по видам работ, после которых они не требуются на ремонтируемом участке (см. табл. 2), что позволяет исходя из привязки локомотивов к определенной машине рассчитать время их занятости на работах. Для каждого этапа работ формируются хозяйственные поезда с материалами и отдельные комплексы машин. Порядок их отправления представлен в табл. 2 для каждого этапа работ.

Таблица 2

Распределение путевых машин по видам работ, после которого они не используются в процессе ремонта для модернизации железнодорожного пути

Наименование машины/этап работ	Подготовительные работы	Уборка старой РШР	Укладка новой РШР	Выгрузка длинномеров	Смена плетей	Сварка плетей	Глубокая очистка щебня	Выправочно-отделосные работы	Балластировка пути	Чистовая выправка пути
ВПО								+		
ЭЛБ									+	
Длинномер выгрузка плетей				+						
Длинномер смена плетей					+					
ХДВ										+
Думпка	+									
МКТ,СЗП	+									
ЩОМ, СЧУ, РМ, СЧ, СЗП, ОТ(на выбор один комплекс)							+			
УК (для стрелочных переводов отдельный комплекс) погрузка РШР		+								

Наименование ма- шины/этап работ	Подготовительные работы	Уборка старой РШР	Укладка новой РШР	Выгрузка длинномеров	Смена плетей	Сварка плетей	Глубокая очистка щебня	Выправочно- отделочные работы	Балластировка пути	Чистовая выправка пути
УК (для стрелочных пере- водов отдельный ком- плекс) выгрузка РШР			+							
ПРСМ						+				
РОМ	+									
СМ-2	+									
Дуоматик, Динамик, ПМА, ВПР (одна машина на выбор)										+
ДСП										+
ПБ										+
Унимат всех наименова- ний, ПМА-С (одна маши- на на выбор) работа на стрелочных переводах										+
ДСП-С (работа на стре- лочных переводах)										+

Пример расчета времени окончания работ всех наименования техники при модернизации железнодорожного пути в условиях модернизации железнодорожного участка в восьмичасовые «окна» с периодичностью ремонтных работ 1/1 представлен на рис. 4.

Как видно из рис. 4. СППР позволяет локомотивным диспетчерам в оперативных условиях получить автоматизированный расчет времени окончания работ всех наименования техники при модернизации железнодорожного пути, что будет способствовать более эффективному распределению локомотивов для хозяйственных нужд и увеличению их загрузки.

Использование авторской СППР позволяет рассчитать время отвлечения локомотивов для каждого типа при производстве ремонтных работ. Определяет время подсылки локомотивов для транспортировки техники с места проведения ремонтных работ к местам ее постоянной дислокации, что позволяет оперативному персоналу распределить локомотивы во всех видах движения с наибольшей их эффективностью и обеспечить минимальный простой техники при ее транспортировке. Данная программа позволит в том числе повысить производительность локомотивов и выработку техники за счёт их оптимального распределения по видам движения.

Расчет количества окон : Simulation - AnyLogic Professional

корневой:Main

Расчет времени окончания работ всех наименования техники при модернизации железнодорожного пути

ВПО	57.0
ЭЛБ	63.0
Длинномер	47.0
ХДВ	63.0
Думпка	42.0
МКТ,СЗП	42.0
ЩОМ,СЧУ,РМ, СЧ,СЗП,ОТ	57.0
УК	43.0
ПРСМ	47.0
РОМ	42.0
СМ-2	42.0
Дуоматик,Динамик, ПМА, ВПР	63.0
ДСП	63.0
ПБ	63.0
Унигат, ПМА-С	63.0
ДСП-С	63.0

Рис. 4. Пример расчета времени окончания работ всех наименования техники при модернизации железнодорожного пути с использованием авторской СППР

Библиографический список

1. Хомич Д.И., Тимченко В.С., Костенко В.В. Программа оптимизации распределения локомотивного парка при производстве путевых работ // Транспорт Урала. – 2016. – № 3. – С. 66-69.
2. Костенко В.В., Хомич Д.И., Тимченко В.С. Разработка программы оптимизации распределения локомотивного парка при производстве путевых работ // Транспорт России: проблемы и перспективы – 2016. – Том 2. – С. 325-329.
3. Тимченко В.С., Хомич Д. И. Система поддержки принятия решений при оптимизации распределения локомотивного парка для нужд путевых работ // Интеллектуальные и информационные системы. – 2016. – С. 33-37.
4. Хомич Д.И., Тимченко В.С. Алгоритмизация процесса распределения локомотивов в хозяйственном движении // Транспорт Урала. – 2016. № 1 (48). – С. 57-60.
5. Хомич Д.И., Тимченко В.С. Модель распределения локомотивов в хозяйственном движении // Образование, наука и транспорт в XXI веке: опыт, перспективы, инновации. – 2016. – С. 38-42.
6. Тимченко В.С. Метод оценки пропускной способности реконструируемой железнодорожной линии на основе имитационного моделирования. дисс. канд. техн. наук: 05.22.08.– СПб., 2016. – 207 с.
7. Кокурин И.М., Катцын Д.В., Тимченко В.С. Определение параметров «окон» при оценке перевозочных перспектив // Мир транспорта. – 2015. – №2. – С. 142-153.
8. Тимченко В.С. Алгоритмы расчета графиков проведения ремонтных работ железнодорожного пути на перспективу// Интернет-журнал «Науковедение». – 2014. – №3. – С. 127.
9. Тимченко В.С. Оценка перспективной пропускной способности железнодорожных участков с учетом предоставления длительных «окон», на основе применения имитационного

моделирования процессов перевозок // Теоретические и практические проблемы развития современной науки. – 2015. – №1. – С. 85-87.

10. Тимченко В.С., Ковалев К.Е., Хомич Д.И. Имитационное моделирование на железнодорожном транспорте: монография / Саарбрюккен, Германия: LAP. LAMBERT Academic Publishing, 2017. – 172 с.

УДК 621.869.888

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ЭФФЕКТА ИНЖЕКЦИИ ПРИ СОЗДАНИИ ЦИРКУЛЯЦИИ ВОЗДУХА ВНУТРИ МОДИФИЦИРОВАННОГО КОНТЕЙНЕРА

Маликов З.М. ¹, Хаджимухаметова М.А. ²

¹ *Институт механики и сейсмостойкости сооружений Академии наук Республики Узбекистан (Ташкент, Республика Узбекистан)*

² *Ташкентский институт инженеров железнодорожного транспорта (Ташкент, Республика Узбекистан)*

Экспорт промышленных и сельскохозяйственных товаров является одним из главных факторов развития для любой страны. Сельскохозяйственные продукты рекомендуются перевозить в рефрижераторных контейнерах, где можно регулировать температуру и влажность [1]. Это приводит к удорожанию продукции и самое главное, вагонный парк большинства южных республик СНГ не располагают рефрижераторными контейнерами. Закупка рефрижераторных контейнеров требует больших валютных вложений. Поэтому сельскохозяйственные продукты этих республик в основном доставляются либо в автофургонах, либо по железной дороге в рефрижераторных секциях. Однако, в связи с высокой ценовой политикой перевозок сельскохозяйственных продуктов в рефрижераторных секциях, в последнее время часто выполняются перевозки таких грузов в обыкновенных крытых вагонах. Однако из-за длительности срока доставки и отсутствия условий в обычных крытых вагонах для хранения скоропортящихся продуктов, перевозка железнодорожным путем является довольно рискованным мероприятием. Эти факторы сильно ограничивают экспортные возможности производителей сельскохозяйственной продукции.

Более актуальным для этих целей является использование обычных 20 тонных контейнеров, так как любой сельскохозяйственный продукт теряет свое качество при перегрузке с одного вида транспорта на другой. А применение контейнеров дает возможность доставлять продукцию с поля до потребителя, что намного улучшает качественные показатели продукта за счет снижения порчи при транспортировке. Однако существующие контейнеры не обеспечивают циркуляцию воздуха внутри контейнера. В результате, в солнечные дни такие контейнеры быстро нагреваются, что приводит к порче продукции. Для такой цели можно использовать контейнеры с приспособлением для принудительной вентиляции. Однако оснастить простых контейнеров такими вентиляторами тоже требует больших капитальных вложений и время. К этой проблеме добавляется еще и проблема доставки электрической энергии к вентиляторам.

В работе [2] предложены способы модификации простых контейнеров для перевозки продуктов питания. Во-первых, предложена обшивка контейнеров изнутри доступным и недорогим теплозащитным материалом. Во-вторых, предложена идея использовать поток воздуха, обтекающий контейнер, для создания циркуляции воздуха внутри контейнера. Для этой цели предложены люки, вырезанные полоской по ширине

на верхней и нижней части контейнера. Эти люки должны открываться на определенный угол, как показано на рис.1. Идея такого простого приспособления заключается в том, что при движении контейнера происходит обтекание этих люков потоком воздуха. При таком обтекании на выходе из верхнего люка образуется разрежение воздуха, а на входе в нижний люк образуется избыточное давление. Следовательно, поток воздуха входит в контейнер через нижний люк и выходит через верхний.

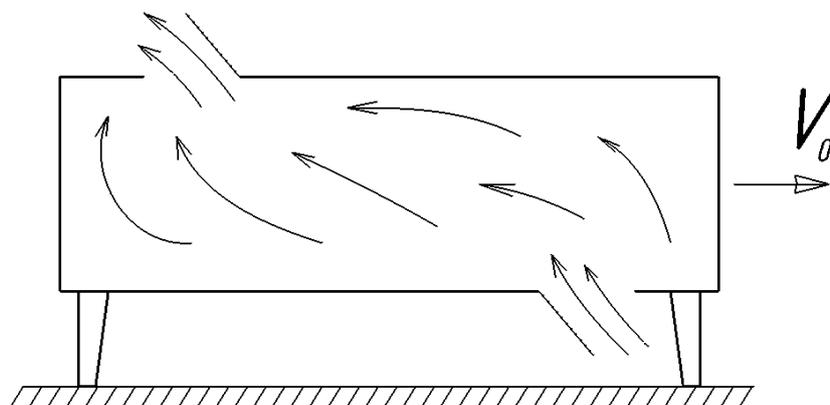


Рис. 1. Картина циркуляции воздуха внутри контейнера

На рисунке направление потока показано стрелками. Таким образом, предлагаемое приспособление играет роль вентилятора, которое способствует циркуляции воздуха по всему объему контейнера. Циркуляция воздуха способствует снижению температуры внутри контейнера. Особенно это необходимо как было сказано выше в солнечные дни, когда за счет солнечной радиации температура внутри контейнера может существенно увеличиться. Однако для достижения описанного эффекта циркуляции воздуха внутри контейнера необходимо исследовать аэродинамику обтекания люка воздухом. В работе [2] для исследования процесса инжекции в верхнем люке использована однопараметрическая модель турбулентности Прандтля [3]. Данная модель дает хорошие результаты, например, для основного участка свободной затопленной струи, где решение имеет автомодельный характер. Однако для поставленной задачи при использовании данной модели можем получить только качественную картину. Для получения более точных результатов расчета необходимо использовать современные модели турбулентности. К таким методам относятся прямое численное моделирование (Direct Numerical Simulation (DNS)) и метод моделирования крупных вихрей (Large Eddy Simulation (LES)). Однако, эти методы очень трудоемкие, требуют высокоскоростных суперкомпьютеров и их широкое практическое использование для решения сложных задач аэродинамики может начаться лишь в конце нынешнего столетия [4]. Поэтому, в течение ближайшего времени основным рабочим инструментом для решения прикладных задач аэродинамики будут оставаться полуэмпирические методы. В основе всех полуэмпирических моделей турбулентности лежит уравнение Рейнольдса [5]. Однако, в этом уравнении остаются неизвестными так называемые рейнольдсовы напряжения. Поэтому полученная система является не замкнутой. Для замыкания полученной системы уравнений предложено большое количество различных математических моделей. Эти модели основаны на гипотезах Буссинеска, Прандтля, Кармана, Колмогорова и т.д. Проведя анализ предложенных полуэмпирических моделей можно утверждать, что современными и широко используемыми являются модели Спаларта и Аллмараса [6], и модель Ментера [7, 8]. С помощью этих моделей получены численные решения для

широкого спектра аэродинамических задач. Тем не менее, проблему замыкания уравнений Рейнольдса нельзя считать завершенной. Потому, что во многих случаях требуется введение дополнительных, имеющих только приближенный характер, допущений. Особенно это относится при расчетах закрученных турбулентных потоков или течений при обтекании тел с большой кривизной. Это объясняется тем, что практически все существующие модели турбулентности основаны на теории переноса, где не учитываются факторы сил инерции. Поэтому, при исследовании обтекания люка можно ожидать, что полученные результаты этими существующими моделями будут неадекватно описывать реальное течение. Поэтому, обтекание кромки люка относится к течениям с большой кривизной.

В последнее время появилась работа [9], где дана новая математическая модель турбулентности. Данная модель основана не на замыкании уравнения Рейнольдса, а на динамике двух жидкостей. Т.е. идея работы заключается в том, что турбулентный поток представляется как движение двух жидкостей с различными скоростями, так называемых молей. Так как эта модель построена на основе динамики, она хорошо описывает вращающиеся потоки. Поэтому данная модель турбулентности использована для исследования поставленной задачи.

В указанной работе получена система уравнений

$$\left[\begin{array}{l} \frac{\partial U_i}{\partial x_i} = 0, \\ \frac{\partial \rho U_i}{\partial t} + \frac{\partial (\rho U_j U_i + \delta_{ij} p)}{\partial x_j} = \frac{\partial}{\partial x_j} (\Pi_{ji} - \rho v_{mj} v_{mi}), \\ \frac{\partial v_{mi}}{\partial t} + U_j \frac{\partial v_{mi}}{\partial x_j} = -v_{mj} \frac{\partial U_i}{\partial x_j} + \frac{\partial \pi'_{ji}}{\partial x_j} + C_s |\text{rot} \mathbf{U} \times \mathbf{v}_m|_i - C_\mu v_{mi} \end{array} \right. \quad (1)$$

В данной системе

$$\Pi_{ji} = \rho v \left(\frac{\partial U_i}{\partial x_j} + \frac{\partial U_j}{\partial x_i} \right), \quad \pi'_{ji} = v_{ef} \left(\frac{\partial v_{mi}}{\partial x_j} + \frac{\partial v_{mj}}{\partial x_i} \right),$$

где v_{mi} – скорость моли; U_i – осредненная скорость потока; ρ – плотность среды; v – молекулярная плотность; v_{ef} – эффективная вязкость молей;

Поставленная задача состоит из двух частей: первая – обтекание люка внешним потоком, вторая – течение потока внутри контейнера. Для описания первой задачи удобной является полярная система координат. В этой системе координат система уравнений (1) будет иметь вид:

$$\begin{aligned} & \frac{\partial r V_r}{r \partial r} + \frac{\partial V_\varphi}{r \partial \varphi} = 0 \\ & \frac{\partial V_r}{\partial t} + V_r \frac{\partial V_r}{\partial r} + \frac{V_\varphi}{r} \frac{\partial V_r}{\partial \varphi} - \frac{V_\varphi^2}{r} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial r} = - \frac{\partial v_\varphi v_r}{r \partial \varphi} \\ & \frac{\partial V_\varphi}{\partial t} + V_r \frac{\partial V_\varphi}{\partial r} + \frac{V_\varphi}{r} \frac{\partial V_\varphi}{\partial \varphi} + \frac{V_r V_\varphi}{r} + \frac{1}{r \rho} \frac{\partial p}{\partial \varphi} = - \frac{\partial v_\varphi v_\varphi}{r \partial \varphi} \\ & \frac{\partial v_r}{\partial t} + V_r \frac{\partial v_r}{\partial r} + \frac{V_\varphi}{r} \frac{\partial v_r}{\partial \varphi} + v_r \frac{\partial V_r}{\partial r} + \frac{v_\varphi}{r} \frac{\partial V_r}{\partial \varphi} - \frac{2 v_\varphi V_\varphi}{r} = \\ & = -C_s \frac{v_\varphi}{r} \left[\frac{\partial r V_\varphi}{\partial r} - \frac{\partial V_r}{\partial \varphi} \right] + \frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial \varphi} \left(v_{ef} \frac{\partial v_r}{\partial \varphi} \right) - C_\mu v_r \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial v_\varphi}{\partial t} + V_r \frac{\partial v_\varphi}{\partial r} + \frac{V_\varphi}{r} \frac{\partial v_\varphi}{\partial \varphi} + v_r \frac{\partial V_\varphi}{\partial r} + \frac{v_\varphi}{r} \frac{\partial V_\varphi}{\partial \varphi} + \frac{v_\varphi V_r}{r} + \frac{v_r V_\varphi}{r} = \\ = C_s \frac{v_r}{r} \left[\frac{\partial r V_\varphi}{\partial r} - \frac{\partial V_r}{\partial \varphi} \right] + \frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial \varphi} \left(v_{ef} \frac{\partial v_\varphi}{\partial \varphi} \right) - C_\mu v_\varphi \end{aligned}$$

В данной системе V_r, V_φ, ρ, p – соответственно радиальная скорость, азимутальная скорость, плотность и давление среды. В системе (2) для облегчения численного расчета членами, где содержатся производные по r в виду малости можно пренебречь. Пренебрегается также и молекулярной вязкостью. Коэффициент сопротивления был принят равным:

$$C_\mu = 0.3 \sqrt{2 \left[\frac{\partial V_r}{\partial r} \right]^2 + 2 \left[\frac{1}{r} \frac{\partial V_\varphi}{\partial \varphi} + \frac{V_r}{r} \right]^2 + \left[\frac{\partial V_\varphi}{\partial r} - \frac{V_\varphi}{r} + \frac{1}{r} \frac{\partial V_r}{\partial \varphi} \right]^2}$$

Эффективная вязкость молей была принята равной:

$$v_{ef} = 0.45 \frac{v_r v_f}{C_\mu}$$

Коэффициент для поперечной силы был равен $C_s = 0,2$.

Что касается второй задачи – течения потока внутри контейнера, воздух проходит между тарами с продуктами (фрукты). Поэтому для математического моделирования примем закон Дарси:

$$\vec{V} = -k \text{grad} p$$

Подстановка данного выражения в уравнение неразрывности даст нам искомое уравнение:

$$\text{div} k \text{grad} p = 0$$

Если считать коэффициент постоянной величиной, получим довольно простое уравнение Лапласа:

$$\Delta p = 0 \quad (3)$$

Таким образом, стыкая две задачи можем решить поставленную проблему.

Для численного исследования система уравнений гидродинамики проведена к безразмерному виду. Для этого все скорости отнесены к скорости движения контейнера – V_0 , размеры отнесены к ширине люка, а давление отнесено к величине – ρV_0^2 . Безразмерный коэффициент принят равным $k = 0,05$. Для численной реализации системы уравнений (2) использована явная конечно разностная схема Мак-Кормака [10]. Стационарное решение было достигнуто методом установления. Для уравнения (3) был использован метод итераций верхней релаксации [11], который использовался на каждом временном шаге схемы Мак-Кормака.

На рис. 2 иллюстрирован результат численного решения поставленной задачи для угла люка 60° .

На этом рисунке показана картина течения потока воздуха при движении контейнера. Из рисунка видно, что открытый люк за счет инжекции всасывает воздух из контейнера. Обратная картина возникает в нижнем люке. Здесь наоборот, внешний воздух нагнетается внутри контейнера. Таким образом внешний воздух входит через нижний люк и выходит через верхний. Данный процесс может существенно предохранить продукты питания от перегрева.

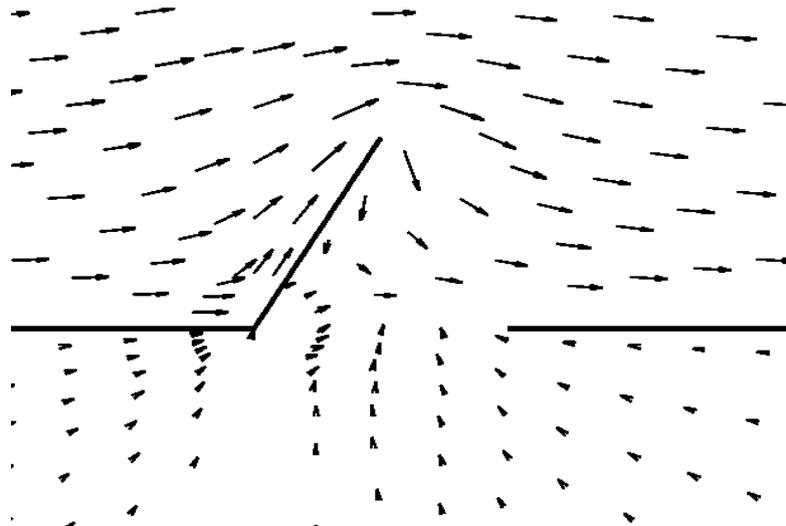


Рис. 2. Картина течения потока воздуха вокруг открытого люка

Для исследования наиболее эффективной работы люка численным путем был произведен расчет разрежения потока при его различных углах. На рис.3 показан график зависимости безразмерного значения разрежения давления от значений угла люка. Из этого графика видно, что наибольший эффект инжекции потока получается, если установить люк под углом приблизительно около 30° .

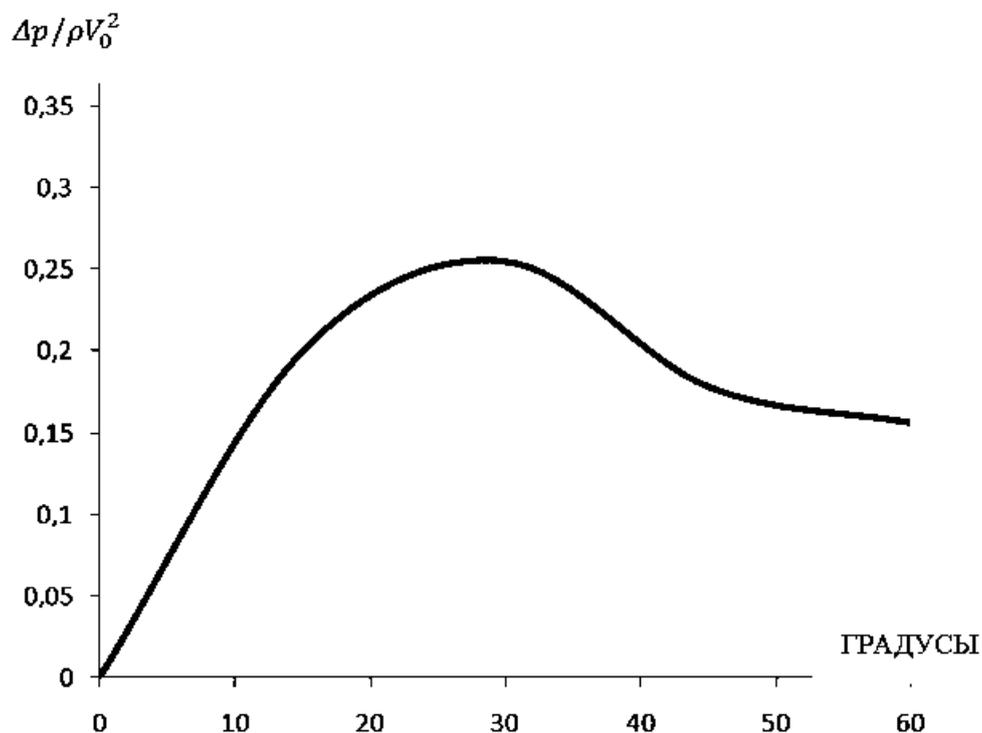


Рис.3. Изменение давления разрежения в зависимости от угла люка

Таким образом, в работе показано, что в результате небольших конструктивных решений, можно создать циркуляцию воздуха внутри контейнера. Данное решение позволит транспортировать скоропортящиеся сельскохозяйственные продукты в модифицированных контейнерах и увеличит экспортный потенциал Республики.

Библиографический список

1. Дзюба И.С. Перевозка скоропортящихся грузов. – Ч. 1. – Гомель, 1999.
2. Маликов З.М., Хаджимухаметова М.А. Способы модификации простых контейнеров для перевозки скоропортящихся продуктов // Проблемы механики. – 2017. – №1. – С. 58.
3. Абрамович Г.Н. Теория турбулентных струй. – Москва: Наука, 1984.
4. Гарбарук А.В. Моделирование турбулентности в расчетах сложных течений: учебное пособие // А.В. Гарбарук, М.Х. Стрелец, М.Л. Шур. – СПб: Изд-во Политехн. ун-та, 2012. – 88 с.
5. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа. – Москва: «Наука», 1987.
6. Spalart P.R., Allmaras S.R. A one-equation turbulence model for aerodynamic flows // AIAA Paper 1992-0439.
7. Menter F.R. Zonal two-equation $k-\omega$ turbulence models for aerodynamic flows // AIAA Paper 1993-2906.
8. Menter F. R., Kuntz M., and Langtry R. Ten Years of Industrial Experience with the SST Turbulence Model // Turbulence, Heat and Mass Transfer 4, ed: K. Hanjalic, Y. Nagano, and M. Tummers, Begell House, Inc., 2003, pp. 625 -632.
9. Маликов З.М. Двух жидкостная математическая модель турбулентного потока // Международная научно-техническая конференция по проблемам «Прочность конструкций и сейсмодинамика зданий и сооружений». – Ташкент: 2016. – С. 145-149.
10. Anderson D., Tannehill J., Pletcher R. Computational fluid mechanics and heat transfer. – Moscow: Mir, 1990, Vol. 1.
11. Patankar S. Numerical heat transfer and fluid flow / Hemisphere Publishing Corporation, New York, 1980.

УДК 625.1

РАЗВИТИЕ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ В ФЕДЕРАТИВНОЙ ДЕМОКРАТИЧЕСКОЙ РЕСПУБЛИКЕ ЭФИОПИИ

Абдулкерим М.А.

Эфиопская железнодорожная корпорация (Аддис-Абеба, Федеративная Демократическая Республика Эфиопия)

1. Общая характеристика сети железных дорог Эфиопии

С 1992 года Правительство Федеративной Демократической Республики Эфиопии (ФДРЭ) проводит политику либерализации экономики, выделяя существенную часть бюджета на реализацию инфраструктурных проектов.

С целью удовлетворения запроса экономики на массовую транспортировку грузов с минимальными затратами и увеличения конкурентоспособности страны на международном рынке, Правительство ФДРЭ указом 141/2007 учредило Эфиопскую железнодорожную корпорацию (ЭЖК), которая находится в подчинении Министерства транспорта ФДРЭ и управляется Советом директоров.

Правительство страны уделяет особое внимание развитию надежной, доступной и экологически безопасной сети железных дорог. Основной задачей ЭЖК является развитие эффективной сети железных дорог для грузовых и пассажирских перевозок по доступным тарифам. В соответствии с вышеуказанными целями, ЭЖК были определены 8 железнодорожных коридоров протяженностью 5060 километров, с целью последующего изыскания, проектирования и строительства:

1. Аддис-Абеба – Дыре Дава – Девенле.

2. Моджо – Шашемене – Арба Минч – Мойале.
3. Аддис-Абеба – Эджаджи – Джимма – Тепи – Дима.
4. Эджаджи – Некемте – Ассоса – Курмук.
5. Аваш – Комболча – Велдия – Мекелле – Шире.
6. Финотеселам – Бахир Дар – Ворета – Велдия – Семера – Галафи.
7. Ворета – Азезо – Метема.
8. Адама – Гассера.

Коридоры 1, 2, 5 определены как приоритетные, для их проектирования и строительства были привлечены иностранные инвесторы и компании.

Первым был реализован проект Аддис-Абеба – Дыре Дава – Девенле (протяженность – 758 км), проектирование и строительство которого велось китайской компанией China Railway Engineering Corporation (CREC) и China Civil Engineering Construction Corporation (CCECC). Проектирование и строительство проходило в период с 2011 по 2017 год, в настоящий момент осуществляется опытная эксплуатация участков, ввод в коммерческую эксплуатацию запланирован на октябрь 2017 года [1].

Схема железных дорог представлена на рис. 1.

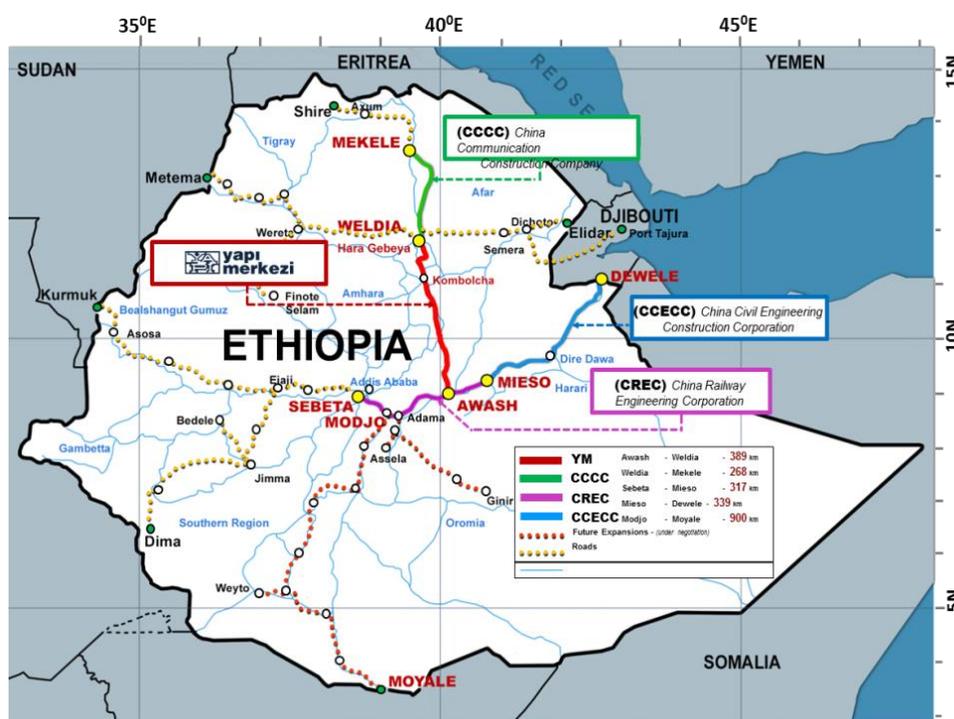


Рис. 1. Схема строительства сети железных дорог Эфиопии

Коридор 5 также является одним из приоритетных проектов Эфиопской железнодорожной корпорации.

2. Железная дорога Аваш – Комболча – Хара-Гебейя

Железнодорожный проект Аваш – Комболча – Хара-Гебейя (АКН) общей протяженностью 391 километр начинается на северо-западе города Аваш и заканчивается в городе Хара-Гебейя, проходя через Комболчу.

Проект АКН имеет важное значение для развития страны, соединя северный и восточный экономические и транспортные коридоры Эфиопии. Эта железная дорога будет соединена с линией Мекелле – Хара-Гебейя и линией Аддис-Абеба – Джибути,

которая является главной транспортной артерией страны с точки зрения пассажирских и грузовых перевозок, а также импорта и экспорта товаров через порт Джибути. Кроме того, строительство 5 коридора сыграет ключевую роль в обеспечении связи северных регионов страны с ее центральной частью.

Железнодорожный проект Аваш – Комболча – Хара-Гебейя турецкой компанией Yarı Merkezi. Стоимость проекта 1,7 млрд долларов США, продолжительность строительства – 66 месяцев. Протяженность линии 391 километр, длина станционных путей 18 км, длина путей специального назначения 40 км. Общая протяженность линии – 447 км.

На протяжении линии будут построены 4 участковые станции (Аваш, Робит, Комболча, Хара Гебейя), 6 промежуточных станций и 1 депо. Участковые станции будут объединять в себе пассажирские и сортировочные станции, а также депо по обслуживанию поездов. Проект также предполагает строительство 36 железнодорожных зданий, 8 тяговых подстанций и 13 радио вышек вдоль трассы.

Природные условия региона предполагают использование большого числа искусственных сооружений. В табл. 1 представлены данные по числу искусственных сооружений на линии Аваш – Комболча – Хара-Гебейя.

Таблица 1

Искусственные сооружения на линии Аваш – Комболча – Хара-Гебейя

Параметры	Участок 1 (КМ:0-270)		Участок 2 (КМ:270-391)	
	шт.	Общая протяженность, м	шт.	Общая протяженность, м
Мосты	43	4248	11	1642
Тоннели	6	3427	6	6686
Надземные переходы	8	165	6	126
Подземные переходы	1	60	–	–
Многоочковые трубы	65	2283	13	468
Одноочковые трубы	587	19696	336	11140
Переезды	34	250	29	214
Протяженность путей	303398 м		129059 м	

Примеры искусственных сооружений представлены на рис. 2 и 3.



Рис. 2. Мост №-24 Мост № 25 на км 185+806



Рис. 3. Мост №-40 на км 266+950

Проект АКН является хорошим примером взаимодействия местных властей и подрядчиков, что позволяет быть уверенным в том, что основная фаза строительства будет завершена в соответствии с планом – в конце 2017 года. Затем, после периода опытной эксплуатации линия Аваш – Комболча – Хара-Гебейя станет полноценной частью сети железных дорог Эфиопии.

Библиографический список

1. Ethiopia – Djibouti electric rail to start commercial operations in October 2017 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.africanews.com/2017/07/25/ethiopia-djibouti-electric-rail-to-start-commercial-operations-in-october-2017>.

УДК 625.1

АНАЛИЗ МИРОВОЙ ПРАКТИКИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАЗЛИЧНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПУТИ НА ВСМ И ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ НА ЛИНИИ МОСКВА – КАЗАНЬ

Захаров В.Б., Черняев Е.В.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I» (Санкт-Петербург)

Введение

Время – самое дорогое, что есть у каждого из нас. Зачастую, определяя маршрут, можно пренебречь расстоянием, при этом выиграть во времени, например, объезжая автомобильные пробки. Железнодорожный транспорт давно ставит для себя задачи на повышение своей привлекательности в сравнении с авиатранспортом, естественно, повышая скорость доставки пассажиров. Так, организация сообщения высокоскоростными поездами Сапсан между Санкт-Петербургом и Москвой, по данным пресс-центра ОАО «РЖД», показывает стабильный рост спроса.

1. Мировой опыт организации высокоскоростного движения поездов

С целью выбора оптимальной конструкции железнодорожного пути для высоких скоростей движения подвижного состава (до 400 км/ч) специалистами университета был всесторонне изучен мировой опыт эксплуатации высокоскоростных линий мира.

В мировой практике (Китай, Испания, Япония, Франция, Германия, Италия, США) успешно используются следующие варианты конструкций железнодорожного пути:

- устройство верхнего строения пути (рельсошпальная решетка) на балласте (Франция, рекорд – 574,8 км/ч (03.04.2007) [1], размещенное на земляном полотне, в большинстве случаев имеет защитный подбалластный слой, предназначенный для снижения интенсивности развития деформаций земляного полотна в зоне под балластом (см. рис. 1);
- верхнее строение пути выполнено в виде безбалластной конструкции на земляном полотне (Германия, Китай, постоянная эксплуатация со скоростью до 330 км/ч) (см. рис. 2);
- безбалластная конструкция пути на эстакаде (Китай, скорость – до 330 км/ч, Япония – скорость до 300 км/ч) (см. рис. 3).



Рис. 1. Верхнее строение пути на балластном слое (состав Alstom, французские железные дороги)

Каждый из перечисленных вариантов исполнения конструкции железнодорожного пути имеет свои преимущества и недостатки в сравнении с аналогами. При этом стоит отметить, что все они имеют положительный опыт эксплуатации и постоянно совершенствуются. Основная их цель – обеспечение безопасности движения поездов. На втором месте находится цена безопасности при заданных эксплуатационных и природно-климатических условиях. Выбор конструкции зачастую определяется максимальным эффектом, который можно получить на этапах строительства и эксплуатации высокоскоростной железнодорожной линии, поэтому вопрос выбора конструкции подрельсового основания железнодорожного пути является принципиальным.



Рис. 2. Безбалластное верхнее строение пути, размещенное на земляном полотне (состав Siemens, Германия)



Рис. 3. Безбалластная конструкция железнодорожного пути, размещенная на эстакаде (состав CRH380A, китайские железные дороги)

2. Конструкция железнодорожного пути на балластном слое

Например, во Франции принята конструкция главных путей ВСМ, предусматривающая укладку бесстыкового пути рельсами массой 60,8 кг/пог. м на шпально-балластном основании на земляном полотне. При этом учитывался ряд параметров конструкции, который выгодно отличает эту конструкцию от безбалластных вариантов:

- относительно низкие расходы на строительство;
- большая упругость;
- высокая ремонтпригодность при относительно низких затратах;
- хорошее поглощение шума, генерируемого подвижным составом;
- значительно меньшая цена самой конструкции для участков с преобладанием земляного полотна;
- большой запас устойчивости пути против поперечного сдвига от воздействия подвижного состава и др.

Особенностью устройства пути на балласте, опирающемся на земляное полотно, при организации высокоскоростного движения поездов является обязательная укладка защитных подбалластных слоев, применение и подбор состава которых направлено на максимально возможное снижение интенсивности накопления остаточных деформаций конструкции пути в результате эксплуатации и максимальное снижение воздействия процессов, возникающих в результате изменения природно-климатической среды.

Тем не менее конструкция пути на балласте в результате воздействий факторов природно-климатической среды (изменения температуры, влажности, ветровое воздействие, сейсмические процессы) и подвижного состава предполагает постоянный контроль положения рельсовых нитей в пространстве (геометрия пути) и выполнение планово-предупредительных работ, направленных на обеспечение равноупругости подрельсового основания. Кроме того, конструкция пути на балласте предполагает более частые ремонты, связанные с очисткой и/или заменой балластного слоя для обеспечения рабочих функций балласта.

Мировой опыт показывает, что на участках ВСМ путь на железобетонном подрельсовом основании (железобетонные шпалы) на балласте обеспечивает эксплуатацию линии с коммерческими скоростями до 350 км/ч.

3. Безбалластная конструкция пути

Современная конструкция безбалластного верхнего строения пути (БВСП) на земляном полотне состоит из рельсовых плетей, упругих промежуточных рельсовых скреплений, подрельсовых опор, несущего основания из плит или монолитного бетона, гидравлически связанного несущего слоя.

БВСП выполняет следующие функции:

- обеспечивает пространственную стабильность рельсовой колеи;
- распределяет нагрузку от подвижного состава на нижнее строение;
- обеспечивает снижение генерируемых подвижным составом вибраций до приемлемого уровня.

БВСП проектируют исходя из критериев выполнения всех перечисленных функций, обеспечивающих стабильную работу верхнего строения пути во взаимодействии со всеми видами подвижного состава в заданных эксплуатационных условиях.

Условно все многообразие безбалластных конструкций пути можно разделить на три группы:

- безбалластный путь (БП) с подрельсовыми опорами, омоноличенными в путевом бетоне. В качестве примера такой конструкции может выступать конструкция RHEDA 2000 (Германия) или CRTS I типа (КНР) – опытный участок уложен на линии Санкт-Петербург – Москва.
- БП с подрельсовыми опорами, омоноличенными в путевом бетоне, имеющими упругий слой с расчетной (пониженной) жесткостью. В качестве примера можно привести конструкции LVT (Low Vibration Track, Швейцария) опытные участки которой эксплуатируются в двух тоннелях на Северо-Кавказской железной дороге и EBS (Tines, Польша) – в тоннеле, соединяющем железнодорожный вокзал «Варшава Центральна» и Международный аэропорт им. Ф.Шопена в Варшаве [4].
- БП системы масса-пружина с расчетной (пониженной) жесткостью. В качестве примера такой конструкции выступает Fest FahrBahn-Vögl (Германия), в частности испытания которой завершились на полигоне АО «ВНИИЖТ» [2].

В местах примыкания верхнего строения на балласте к БВСП предусматривают устройства сопряжений (участки переменной жесткости), конструкция которых обес-

печивает плавное изменение жесткости подрельсового основания и стабильность балластной призмы на переходных участках.

Главный недостаток укладки безбалластного пути на земляном полотне – требование максимальной устойчивости и плотности грунтов его слагающих. Это условие гораздо легче выполнить в горной местности, чем, например, на пересеченной или равнинной. Следует отметить, что по этой причине в Японии до сих пор избегают укладывать безбалластный путь на насыпях, принимая во внимание неизбежность изменений в работе земляного полотна в следствии воздействия природно-климатических и эксплуатационных факторов.

При безбалластной конструкции увеличиваются капитальные вложения в строительство. При эксплуатации более трудоемкими оказываются работы по исправлению отклонений рельсовых нитей в плане и в профиле от проектного положения. Стоит отметить, что затраты труда на текущее содержание любой безбалластной конструкции железнодорожного пути будут значительно меньше, чем при содержании пути на балласте за счет исключения трудоемких работ по исправлению положения рельсошпальной решетки в плане и профиле.

4. Верхнее строение железнодорожного пути на эстакаде

Размещение верхнего пути на эстакаде позволяет исключить воздействие многих неблагоприятных факторов, оказывающих влияние на стабильное положение верхнего строения пути ВСМ. Накоплен положительный опыт эксплуатации пути на эстакадах как в мире, так и на территории РФ с учетом сложных инженерно-геологических и природно-климатических условий. Ярким примером является реализация проекта строительства автомобильной скоростной магистрали на территории Санкт-Петербурга (см. рис. 4).



Рис. 4. Западный скоростной диаметр (Санкт-Петербург)

Чаще всего размещение верхнего строения железнодорожного пути на эстакаде становится необходимым при совпадении ряда условий: стесненность площади застройки, сложные инженерно-геологические и/или гидрологические условия, повышенные требования безопасности в организации перевозочного процесса.

Все вышеперечисленное, с нашей точки зрения, находит свое отражение в реализации проекта строительства линии ВСМ Москва – Казань (см. рис. 5) и, в частности, учитывая значение скорости движения поездов до 400 км/ч должно стать принципиальным требованием к устройству конструкции железнодорожного пути для безопасной реализации заявленной скорости.

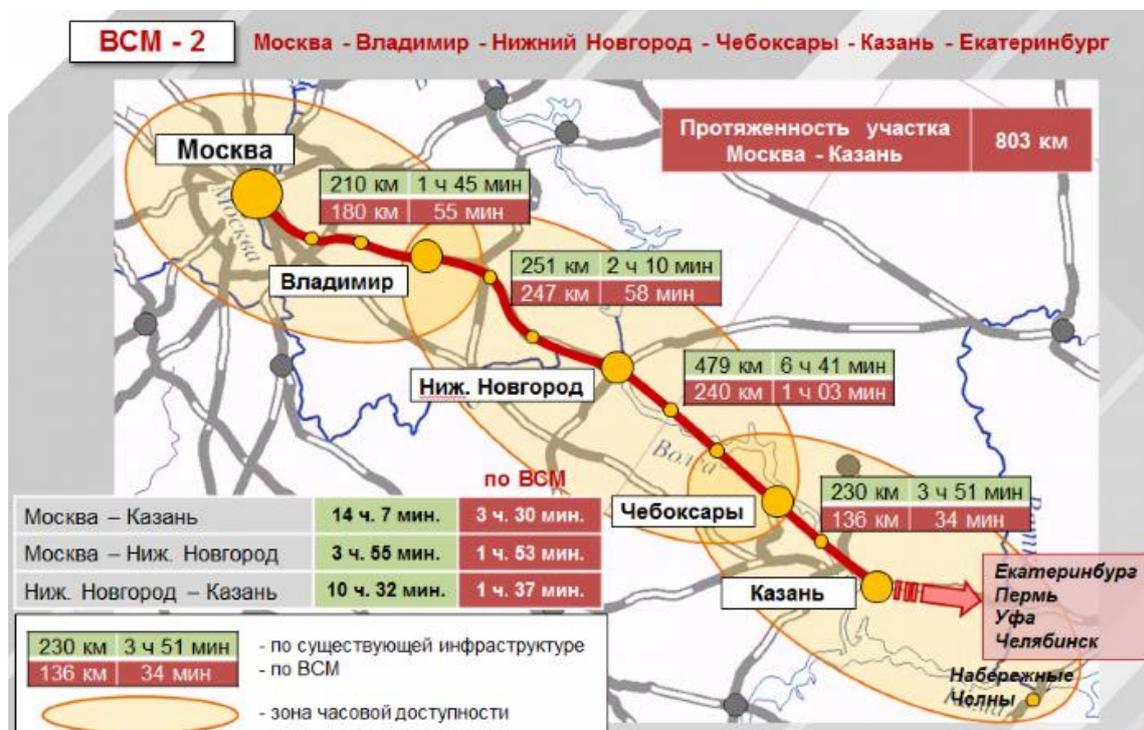


Рис. 5. Трасса ВСМ Москва – Казань

Зарегистрированные проявления опасных геологических процессов на территориях субъектов Российской Федерации на линии ВСМ Москва-Казань [3] и, как результат, мониторинг геологических процессов основания земляного полотна, влечет за собой дополнительные текущие расходы и, в случае активизации процессов, может привести к существенным затратам, связанным с ремонтом земляного полотна железнодорожного пути.

Многочисленные искусственные сооружения, запроектированные на трассе ВСМ, должны сопрягаться с типовой конструкцией земляного полотна через переходные зоны (на длине которых обеспечивается постепенное изменение жесткости подбалластного основания за счет применения специальных технологий и материалов) повлечет за собой дополнительный контроль на этапе проектирования (возможны отклонения от типовых конструкций из-за особенных условий эксплуатации) и усиленный контроль на этапе строительства (строгое соблюдение проектных решений, установленных технологий, контроля качества применяемых материалов).

Выводы

Безопасность движения на железнодорожном транспорте обеспечивается безотказным функционированием всех составляющих системы «человек — железная дорога — окружающая среда». Между тем недостаточная надежность элементов этой системы (низкий уровень квалификации участников перевозочного процесса, неудовлетворительное техническое состояние подвижного состава и инфраструктуры) зачастую является причиной происшествий на железнодорожном транспорте.

Общепризнано, что безопасность движения на железнодорожном транспорте – одна из наиболее актуальных проблем, напрямую зависящая от так называемого человеческого фактора (некачественный ремонт, текущее содержание, нарушение режима ведения поезда и пр.), удельный вес которого среди всех происшествий достигает 90% и более. Так, например, допуски на содержание геометрии рельсовой колеи ВСМ Японии в 1,2-2,0 раза больше установленных на путях ОАО «РЖД». Однако при таких менее «жестких» нормативах японские железные дороги сегодня – одни из самых безопасных в мире.

Учитывая вышесказанное, нами были приняты следующие решения, которые определяются исключительно безопасностью движения поездов на высокоскоростных железнодорожных линиях и при этом позволяют выполнять требования по экономичности и экологические параметры (шума и вибрации).

Во-первых, конструкция верхнего строения пути на балласте должна применяться на участках, где скорость движения не превышает 200 км/ч (в черте городской застройки и на подходах к крупным станциям). На участках, где скорость движения поездов более 200 км/ч на рассматриваемом направлении, с нашей точки зрения, должно использоваться безбалластное основание.

Во-вторых, при одинаковых в совокупности достоинствах и недостатках балластной и безбалластной конструкции пути нам необходима конструкция, требующая минимального вмешательства человека при обслуживании. Таковой является безбалластная конструкция на эстакадах.

В-третьих, преследуя цель исключения развитие деформаций основания в результате действия вибродинамической нагрузки от подвижного состава и природно-климатических факторов устройство безбалластного пути должно быть выполнено на эстакаде, что также в большинстве случаев исключит возможность несанкционированного выхода на железнодорожный путь людей и животных.

Библиографический список

1. Во Франции установлен новый мировой рекорд скорости на железной дороге [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://regnum.ru/news/806993.html>.
2. Савин А.В. Итоги испытаний безбалластного пути // Техника железных дорог. – 2017. – № 1 (37). – С. 26-31.
3. СП 116.13330.2012. Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов. Основные положения». Утв. приказом Минрегиона от 30 июня 2012 г. №274.

УДК 528-482

О ДЕФОРМАЦИОННОМ МОНИТОРИНГЕ ОБЪЕКТОВ ИНФРАСТРУКТУРЫ ВСМ МОСКВА – КАЗАНЬ

Богомолова Н.Н., Брынь М.Я., Никитчин А.А., Шульман Д.О., Сухарев И.И.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I» (Санкт-Петербург)

Под высокоскоростной железнодорожной магистралью (ВСМ) понимается специализированная железнодорожная линия, предназначенная для эксплуатации поездов

со скоростями движения от 200 до 400 км/ч. Стратегией развития железнодорожного транспорта РФ предусмотрено создание к 2030 году сети высокоскоростных магистралей общей протяженностью 4253 км [1].

В настоящее время в стране в качестве приоритетного направления создания сети выбрано направление ВСМ Москва-Казань с дальнейшим продолжением до Екатеринбурга и последующим включением Перми, Уфы и Челябинска.

В состав объектов инфраструктуры ВСМ входит следующая совокупность объектов: насыпи, выемки (земляные массивы, смещения которых могут привести к ухудшению условий эксплуатации ВСМ); искусственные сооружения (мосты, тоннели, эстакады, путепроводы), непосредственно связанные с земляным полотном; здания и сооружения, попадающие в зону влияния ВСМ.

Важнейшим элементом обеспечения безопасности высокоскоростного движения является ведение деформационного мониторинга объектов инфраструктуры ВСМ для выявления изменений геометрических параметров искусственных сооружений, установления причин их возникновения, составления прогнозов развития деформаций, а также обеспечение информацией ответственных лиц для принятия мер по устранению нежелательных процессов.

Рассмотрим особенности мониторинга деформаций для различных составляющих транспортной инфраструктуры. Обратимся к мониторингу деформаций искусственных сооружений, ибо только на ВСМ Москва – Казань планируется возведение 150,9 км эстакад и мостов, при этом 5 больших многопролетных внеклассных мостов.

На этапах строительства и эксплуатации мостовых сооружений практически непрерывно изменяется схема и напряженно-деформированное состояние их конструкций под воздействием таких факторов, как ветровое воздействие, транспортная нагрузка, суточная смена температуры воздуха и солнечная активность, количество осадков и сейсмические толчки.

В ходе мониторинга мостов должны контролироваться, прежде всего, такие параметры, как положение мостовых опор (вертикальность, осадки, расстояния между опорами); положение оси верхнего строения пути; положение пролетных строений; соответствие габаритов сооружения требованиям проекта.

В качестве средств измерений в системах мониторинга должны применяться спутниковая геодезическая аппаратура, роботизированные электронные тахеометры, высокоточные инклинометры, тензометры, метеорологические датчики. Безусловно, они должны быть объединены в автоматизированную систему мониторинга. Системы автоматизированного мониторинга деформаций должны решать следующие задачи:

- определение пространственного положения элементов конструкции сооружения и их изменений во времени;
- определение геометрических параметров и выявление причин их изменения;
- выдача предупреждения в случае несоответствия геометрических и динамических характеристик сооружения их проектным значениям;
- автоматизированный процесс анализа контролируемых параметров для определения состояния сооружения и его отдельных элементов с возможностью предотвращения аварийных ситуаций.

Проведение автоматизированного мониторинга должно опираться на развиваемую вдоль сети ВСМ высокоточную координатную систему, в основе создания которой лежат спутниковые геодезические определения на основе использования систем ГЛОНАСС и GPS.

На этапе инженерных изысканий для разработки проектной документации ВСМ Москва – Казань были выявлены карстоопасные участки. Карстовый и, особенно, кар-

ство-суффозионный процессы могут значительно активизироваться вблизи железнодорожного пути вследствие неудовлетворительной работы водоотводных и водопропускных сооружений и вибрации от проходящих поездов. В этой связи особую актуальность приобретает непрерывный мониторинг деформаций состояния земляного полотна. В процессе диагностики состояния земляного полотна должны рассматриваться его составляющие: защитный слой, тело насыпи, основание насыпи, основание выемки, откосы выемки, водоотводные сооружения. При этом должны контролироваться геометрия полотна, геометрия рельсовой колеи, деформации грунта в полосе отвода.

Особенность мониторинга состояния геомассивов определяется такими характерными особенностями развития оползневых процессов, как малозаметность, устойчивость, низкая скорость смещений. Мониторинг склоновых процессов должен включать в себя помимо традиционных геодезических наблюдений и изучение деформаций отдельных морфоэлементов, развитие трещин на поверхности склона и в сооружениях, измерение порового давления и напряжённого состояния склонов.

Таким образом, как показано, для решения сложных задач проектирования, строительства и эксплуатации высокоскоростных магистралей для обеспечения условий безопасности проведение деформационного мониторинга объектов инфраструктуры ВСМ становится необходимым и неизбежным этапом этих работ.

Библиографический список

1. Специальные технические условия «Проектирование участка Москва – Казань высокоскоростной магистрали Москва – Казань – Екатеринбург со скоростями движения до 400 км/ч. Изменение №1» / решение Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ № 24651-ес/03 от 03.08.2016 г.

УДК 625.151

ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЕ СТРЕЛОЧНЫЕ ПЕРЕВОДЫ ДЛЯ СКОРОСТНЫХ И ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ МАГИСТРАЛЕЙ

Басовский Д.А., Пеньщикова С.В.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I» (Санкт-Петербург)

Качественное совершенствование системообразующей отрасли экономики РФ – железнодорожного транспорта – является одним из главных условий социально-экономического развития государства.

Обеспечение непрерывно возрастающих потребностей в увеличении объемов и скорости перевозок диктует необходимость опережающих темпов развития железнодорожного пути, его усиления и совершенствования. В решении этой задачи особое место отводится таким конструктивным элементам, как соединения и пересечения рельсовых путей, технологические особенности которых обуславливают специфику взаимодействия элементов верхнего строения пути с подвижным составом и допускаемые скорости движения поездов по ним.

Общеизвестно, что, соединения и пересечения рельсовых путей по назначению, геометрическим формам в плане и конструктивному оформлению чрезвычайно разнообразны. Из всего многообразия видов соединений и пересечений рельсовых путей в

первую очередь подлежит рассмотрению один из важнейших элементов конструкции пути - стрелочный перевод.

В отечественной и зарубежной практике принято разделять стрелочные переводы на три класса:

- а) стрелочные переводы для высоких скоростей
- б) обыкновенные переводы для магистральных линий
- в) стрелочные переводы для станционных путей

Особого внимания заслуживают стрелочные переводы для высокоскоростных магистралей, к которым предъявляются повышенные требования по безопасности и техническим параметрам.

Стрелочные переводы для высоких скоростей движения выделены в две группы:

- специальные типа Р65 марки 1/11 с подуклонкой рельсов 1/20, допускающие скорость движения пассажирских поездов по прямому пути до 44 м/с (160 км/ч). Как по распространенности, так и по условиям реализации высоких скоростей эта группа переводов является главной. До внедрения стрелочных переводов пологих марок опыты и систематическое ведение поездов с высокими скоростями осуществлялись на линиях, где на главные пути станций которых оборудованы переводами марки 1/11;
- с крестовинами марок 1/18 и 1/22, по которым разрешается скорость движения на ответвленный путь соответственно до 24 и 33 м/с (85 и 120 км/ч).

У стрелочных переводов типа Р65 марки 1/11 с подуклонкой рельсов и цельнолитой крестовиной геометрические размеры (теоретическая длина, длина переднего вылета рамных рельсов, радиусы криволинейного остряка и переводной кривой) одинаковы с соответствующими параметрами типового стрелочного перевода Р65, что позволяет укладывать их взамен последнего. В этом случае положения переднего стыка рамных рельсов, начала остряков, математического центра крестовины остаются без изменения. Сдвигается только примерно на 1 м задний стык отлитой из высокомарганцовистой стали цельнолитой крестовины, длина которой больше типовой. Она обладает большой прочностью и устойчивостью. Подуклонка рельсов соединительных путей улучшает условия прохождения поездов вследствие уменьшения горизонтальных сил.

Кроме того нет необходимости устраивать отводы от стрелки и крестовины к подуклоненным рельсам примыкающих путей.

Стрелочный перевод для высоких скоростей движения по прямому пути имеет гибкие остряки, переводят которые за счет упругого изгиба в предкорневой части, где сострожены кромки подошвы с обеих сторон на длине 900 мм. Под ослабленной частью остряка устанавливается металлический мостик. Стрелочные переводы для высоких скоростей движения по боковому пути типов Р65 и Р50 с крестовинами марки 1/18 и типа Р65 с крестовинами марки 1/22 из-за большой длины соединительных путей не нуждаются в подуклонке рельсовых нитей. Гибкие остряки позволяют отказаться от стыка в достаточно ответственном месте стрелочного перевода, что существенно уменьшает расходы на текущее содержание и значительно продлевает срок службы всех элементов стрелочного перевода.

У стрелочного перевода типа Р50 с крестовиной марки 1/18 пологая переходная кривая (радиус по рабочей грани наружной рельсовой нити 960 м), длина рамных рельсов 25 м, остряков 15,5 м. Использование этого стрелочного перевода влечет значительное увеличение скорости движения поездов по ответвленному пути. Для облегчения переводов длинных остряков в стрелках применяют роликовые опоры, прикрепляемые к рамным рельсам, что позволяет исключить скольжение остряков по стрелочным подушкам при переводе, обеспечивая их движение по свободно вращающимся роликам.

У стрелочного перевода типа Р65 с крестовиной марки 1/18 почти все геометрические параметры совпадают с предыдущим, вследствие чего они взаимозаменяемы. Основное различие заключается в том, что у переводов типа Р65 крестовины цельнолитые длиной 6575 мм, а у переводов типа Р50 – сборные с литым сердечником, длина которых на 2,5 м больше. Кроме того, в стрелочных переводах типа Р50 используется костыльное скрепление, а в переводах Р65 – раздельное. Стрелочный перевод типа Р65 с крестовиной марки 1/18 допускает скорость движения по прямому пути до 39 м/с (140 км/ч), по боковому – 25 м/с (90 км/ч).

Стрелочный перевод типа Р65 с крестовиной марки 1/22 во многом конструктивно аналогичен стрелочному переводу типа Р50 с крестовиной марки 1/18. Однако его полная длина на 13 м больше; также на 3 м длиннее острия, а радиус переводной кривой равен 1444,56 м, что позволяет поездам следовать по ответвленному пути со скоростью 33 м/с (120 км/ч). Перевод укладывают на подкладки без подуклонки, прикрепляя стрелку и крестовину к брускам шурупными, а рельсы соединительной части – костылями. Переводы этого типа включают в централизацию управления стрелками и сигналами.

Нужно отметить, что самые пологие стрелочные переводы с крестовинами марки 1/65, допускающими максимальную скорость движения на боковой путь до 230 км/ч, были разработаны французскими специалистами. На ВСМ Париж-Лион из 136 стрелочных переводов 87 имеют конструкцию с подвижными элементами крестовины марки 1/65 или 1/46.

В Германии используются несколько типов стрелочных переводов для скоростного и высокоскоростного движения. Среди них – безостряковый с двумя передвигаемыми рельсами, допускающий скорость движения на боковой путь до 350 км/ч.

В Японии для высокоскоростного движения применяются стрелочные переводы NGT – 1 и NGT – 2. По ним осуществляется движение со скоростями по прямому направлению – 300 км/ч, а по боковому – 200 км/ч.

В настоящее время наибольшей в мире сетью скоростных и высокоскоростных железных дорог, превышающей таковые и в Японии, и в Европе вместе взятые, обладает Китай.

Скоростные и высокоскоростные дороги этой страны включают и модернизированные обычные железнодорожные линии, и новые построенные специально для движения высокоскоростных поездов линии, и первые в мире коммерческие линии для движения поездов на магнитной подушке.

Всё чаще «визитной карточкой» развитых стран называют высокоскоростное железнодорожное сообщение, обеспечивающее движение поездов со скоростью свыше 250 км/ч. Однако в США с их передовой экономикой высокоскоростной транспорт практически не развит. Единственный высокоскоростной пассажирский поезд на американском континенте связывает Вашингтон и Бостон через Филадельфию и Нью-Йорк и принадлежит фирме Amtrak. Его максимальная скорость составляет 150 миль/ч (240 км/ч), а фактическая средняя скорость вдвое ниже.

Неразвитость высокоскоростного железнодорожного транспорта в США обусловлена тем, что развитие автомобильного и авиационного транспорта наряду с правительственным субсидированием строительства шоссе и аэропортов, а также низкая цена на нефть в первые десятилетия после Второй мировой войны сделали эти виды транспорта более доступными и привлекательными для большей части населения.

В СССР первый стрелочный перевод для скоростного движения с подвижным сердечником крестовины был разработан группой ученых и специалистов ЛИИЖТа в соавторстве со специалистами проектно-конструкторского бюро Главного управления

пути и путевого хозяйства МПС во главе с профессором заведующим кафедрой «Железнодорожный путь» С.В. Амелиным и заведующим лабораторией «Стрелочное хозяйство» В.И. Абросимовым.

В современной России стрелочные переводы для высокоскоростного движения (ВСД) обеспечивают пропуск поездов со скоростью до 250 км/ч при следовании по прямому пути и 50 км/ч – на боковой. Они имеют крестовину марки 1/11, длинные гибкие остряки и подвижный сердечник крестовины с непрерывной поверхностью качения.

На рис. 1 представлены схемы стрелочных переводов, применяемые на участке Москва – Санкт-Петербург Октябрьской дороги при скоростном (до 200 км/ч) и высокоскоростном (до 250 км/ч) движении поездов.

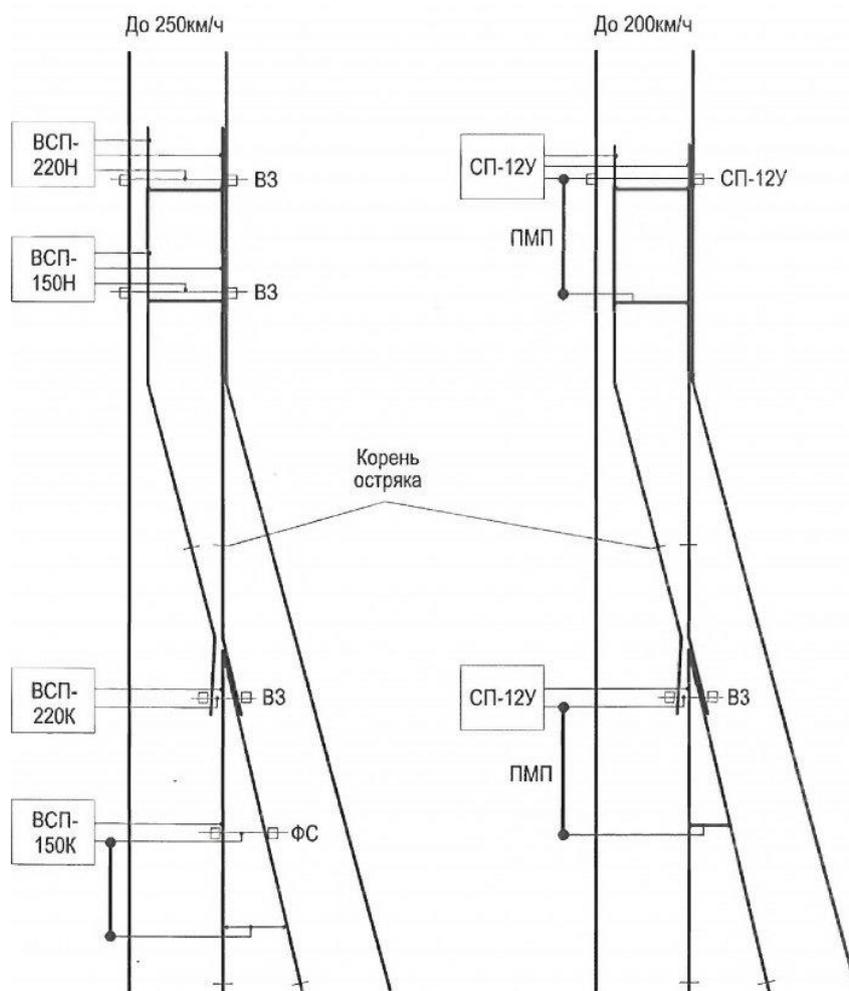


Рис. 1. Схемы стрелочных переводов, применяемые на участке Москва – Санкт-Петербург Октябрьской дороги при скоростном (до 200 км/ч) и высокоскоростном (до 250 км/ч) движении поездов

На схеме приняты следующие обозначения: ВЗ – внешний замыкатель типа ВЗ-7, ФС – фиксатор (замыкатель) сердечника крестовины, СП-12У и ВСП – электроприводы, Г1МП – продольный рычажный механизм перевода.

Для перемещения гибких остряков и сердечника крестовины длиной соответственно 12,5 и 10 м по подушкам стрелки по заданной эпюре требуется приложить усилие в нескольких точках по длине остряка. Для этого остряки объединяют соедини-

тельными тягами, и на определенном расстоянии друг от друга устанавливают несколько электроприводов. Их количество зависит от длины остряка (для крестовины марки 1/11 – два, для 1/18 – три, для 1/22 – четыре и т.д.). Электроприводы синхронно переключают и надежно запирают остряки в конце перевода. То же происходит на подвижном сердечнике крестовины, где в качестве запирающих устройств применяют внешние замыкатели, механически управляемые электроприводами.

На ОАО «Муромский стрелочный завод» освоено производство стрелочного перевода типа Р65 марки 1/11 проекта 2956 для высокоскоростных отечественных магистралей. Рельсовые нити стрелочного перевода выполнены с подуклонкой 1:20. Усложненная конструкции этот параметр создает условия, при которых напряжения в обеих кромках рельсов близки друг к другу, способствуя уменьшению наплывов металла на головке. Упрощается примыкание к рельсам перегонных или станционных путей, всегда установленным с подуклонкой. Таким образом, отпадает необходимость устройства отводов подуклонки. Перевод стрелки осуществляется с помощью двух электроприводов типа ВСП.

Все стрелочные переводы, эксплуатируемые на направлении скоростного движения «Москва – Нижний Новгород» (скорость до 200 км/час), изготовлены на ОАО «Муромский стрелочный завод». Заводом также поставлена партия скоростных и высокоскоростных стрелочных переводов для обеспечения движения поезда «Сапсан» на Октябрьской железной дороге. На очереди – производство модельного ряда высокоскоростных стрелочных переводов типа Р65 марки 1/11, 1/18, 1/22, 1/46.

Развитие высокоскоростного железнодорожного сообщения в РФ является приоритетным направлением Стратегии развития транспорта до 2030 года, в соответствии с которой предстоит реализовать целый комплекс инновационных решений. Это и подвижной состав, следующий со скоростями до 400 км/ч, и безопасность движения, и система управления, и соответствующая инфраструктура для дальнейшей модернизации транспортной системы Российской Федерации.

Библиографический список

1. Д.А. Басовский, В.В. Говоров, Н.М. Панченко. Стрелочные переводы высокоскоростных магистралей // Материалы XI международной научно-технической конференции (чтений памяти проф. Г.М. Шахунянца). – М.:МИИТ, 2014.

УДК 656.2.052.432

ПРЕДЛОЖЕНИЕ ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ ПРОГНОЗА ПАССАЖИРОПОТОКА НА НАПРАВЛЕНИЯХ, ПЕРСПЕКТИВНЫХ ДЛЯ СООРУЖЕНИЯ ВСМ

Бушуев Н.С. ¹, Поляков Н.Е. ²

¹ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I» (Санкт-Петербург)

² Публичное акционерное общество по изысканиям и проектированию объектов транспортного строительства «Ленгипротранс» (Санкт-Петербург)

Успешное функционирование предприятия в любой отрасли народного хозяйства напрямую зависит от рационального подхода к проблеме стратегического планирова-

200

ния развития, которое в свою очередь невозможно без прогнозирования определяющих для предприятия показателей.

Прогноз – это суждение о состоянии какого-либо явления в будущем на основе специального научного исследования [1].

Знание будущего состояния системы предоставляет значительное конкурентное преимущество, но, к сожалению, предвидеть его на 100% невозможно. Любой прогноз характеризуется точностью.

Точность любого прогноза обусловлена в первую очередь объёмом истинных (подтвержденных) исходных данных и периодом их сбора, а также свойствами системы или объекта, подвергающихся прогнозированию.

На направлении Санкт-Петербург – Москва есть возможность анализировать достаточно большое количество статистических данных в условиях уже сложившейся транспортной инфраструктуры.

Рассмотрим численность населения городов Москва и Санкт-Петербург за период с 1995 по 2016 год [2] (см. рис. 1, 2 и 3).

Так как график на рис. 3 имеет практически линейный вид, можно спрогнозировать дальнейший рост населения с использованием метода линейного сглаживания [3, 4]. Аппроксимирующая функция в этом случае имеет вид:

$$Y^{H}_{1995-2016} = 0,1734x + 13,596. \quad (1)$$

Рассмотрим изменение количества перевезённых пассажиров поездами Сапсан за период с 2010 по 2016 год между Санкт-Петербургом и Москвой [5-10] (см. табл. 1 и рис. 4).

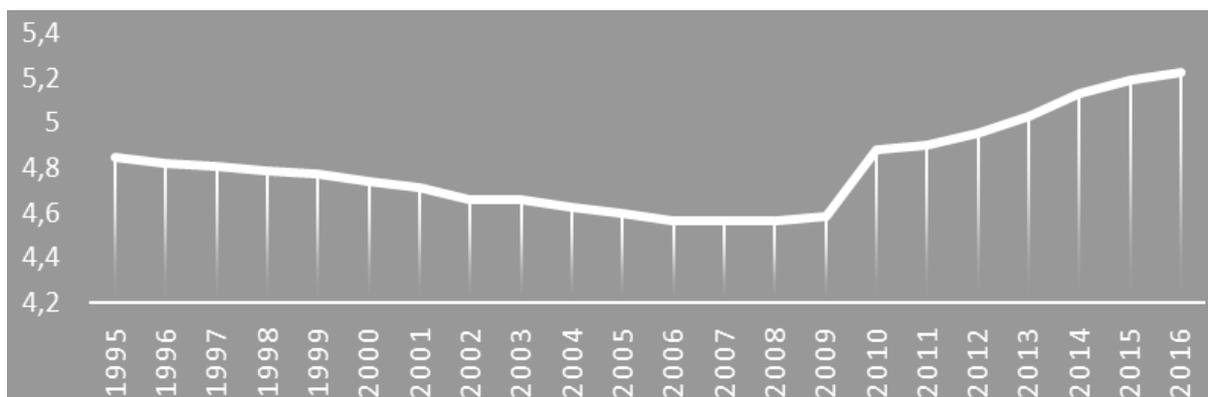


Рис. 1. Население Санкт-Петербурга в период с 1995 по 2016 гг. в млн человек

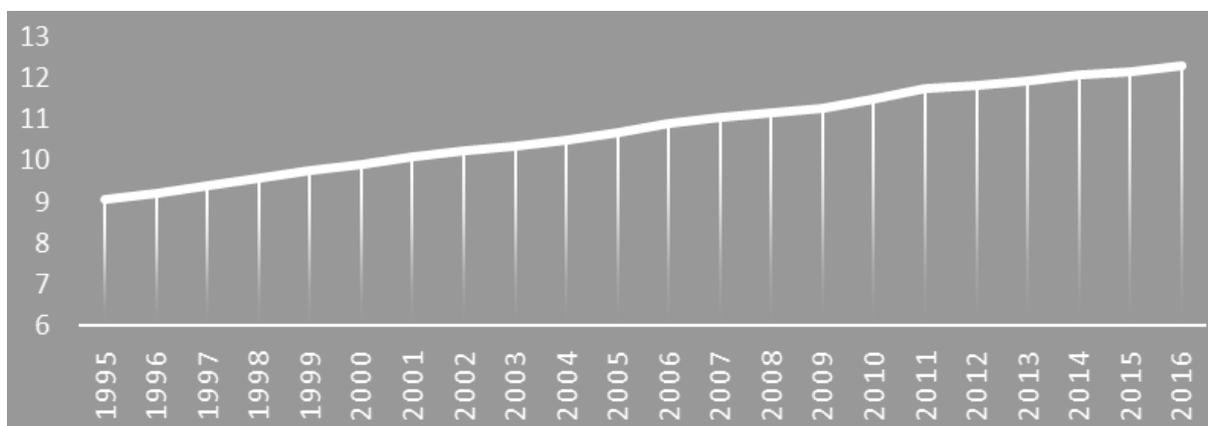


Рис. 2. Население Москвы в период с 1995 по 2016 гг. в млн человек

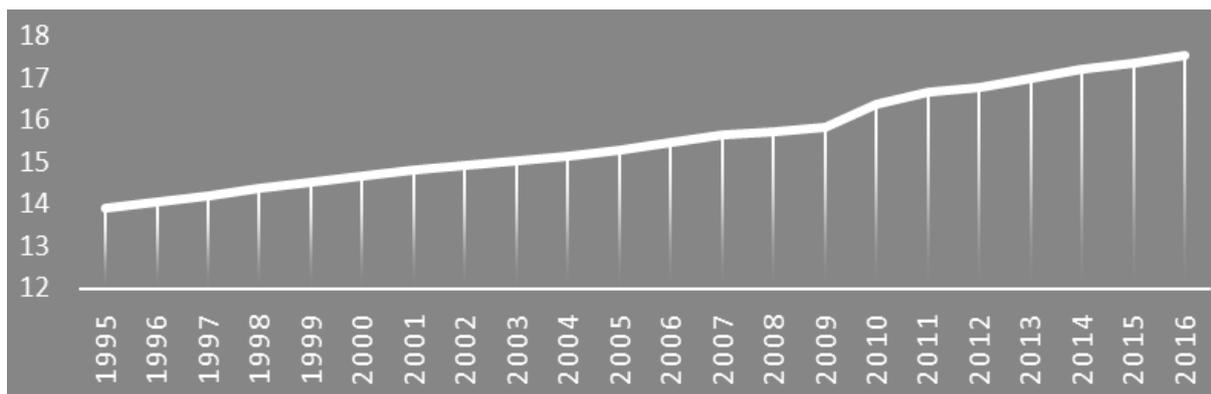


Рис. 3. Население Москвы и Санкт-Петербурга в период с 1995 по 2016 гг. в млн человек

Таблица 1

Год	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Пассажиры млн. чел.	1,9	2,8	3,0	3,105	3,23	4,0	4,8

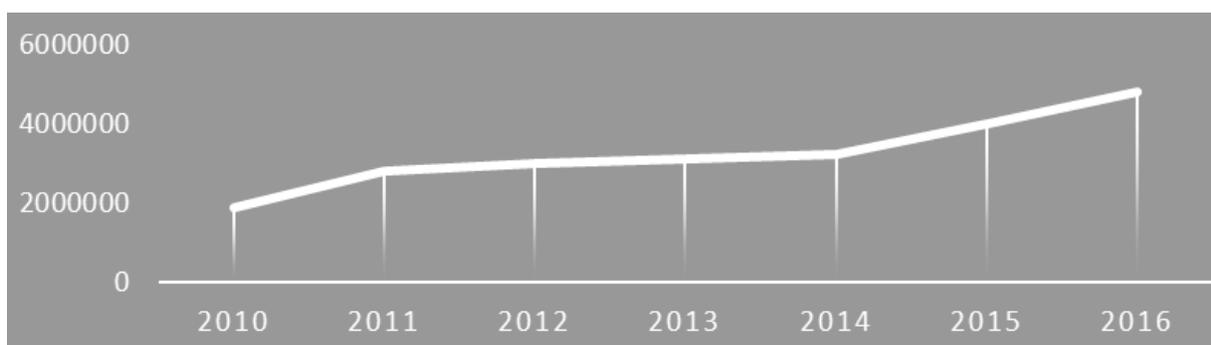


Рис. 4. Количество перевезённых пассажиров поездами Сапсан за период с 2010 по 2016 год между Санкт-Петербургом и Москвой

Аппроксимирующая функция для графика, изображенного на рис. 4, будет иметь вид:

$$Y^p_{2010-2016} = 0,4046x + 1,5954 \quad (2)$$

Аппроксимирующая функция для графика, изображенного на рис. 5, будет иметь вид:

$$Y^h_{2010-2016} = 0,192x + 16,049. \quad (3)$$

Составим таблицу данных с использованием значений, полученных по формулам (2) и (3), и определим между ними соответствующий коэффициент пропорциональности K (см. табл. 2).

Построим график изменения коэффициента пропорциональности K (см. рис. 6).

Очевидно, что коэффициент пропорциональности K линейно возрастает. Функция изменения коэффициента выглядит следующим образом:

$$Y_k = 0,0219x + 0,1025. \quad (4)$$

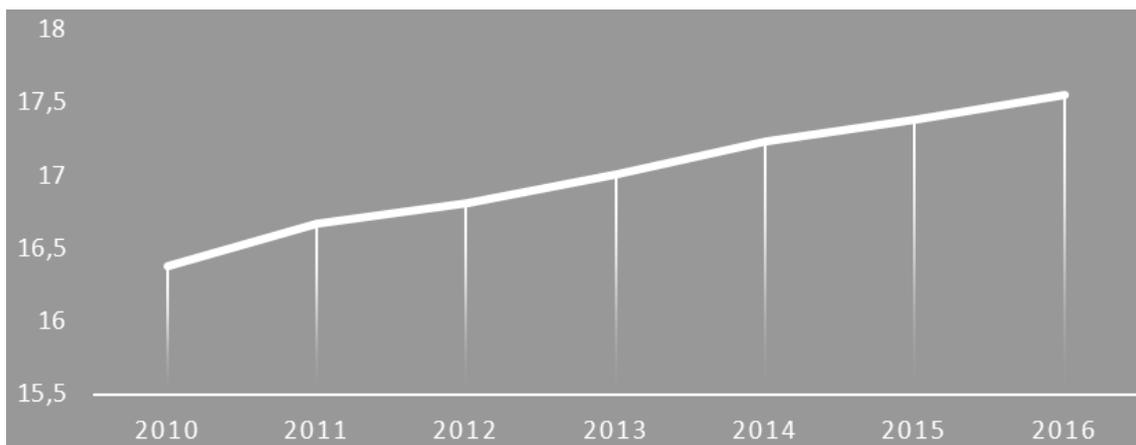


Рис. 5. Население Москвы и Санкт-Петербурга в период с 2010 по 2016 гг. в млн человек

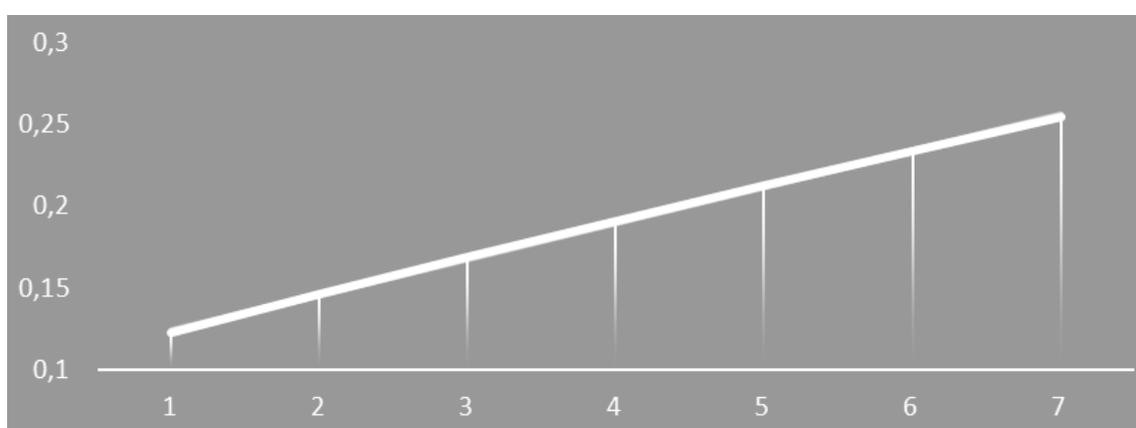


Рис. 6. Изменение коэффициента пропорциональности K

Таблица 2

год	$Y^П_{2010-2016} = 0,4046x + 1,5954$	$Y^Н_{2010-2016} = 0,192x + 16,049$	Коэффициент пропорциональности
2010	2,000	16,241	0,123
2011	2,405	16,433	0,146
2012	2,809	16,625	0,169
2013	3,214	16,817	0,191
2014	3,619	17,009	0,213
2015	4,023	17,201	0,234
2016	4,428	17,393	0,255

Прогнозные значения величин суммарного населения Санкт-Петербурга и Москвы (формула (3)) и пассажиропотока на направлении Санкт-Петербург – Москва, который необходимо будет освоить поездами «Сапсан» на период до 2025 года (формула (2)), а также соответствующие им коэффициенты пропорциональности приведены в табл. 3.

Основные выводы:

1. Существует устойчивая корреляция между ростом пассажиропотока, ориентированного на высокоскоростные поезда и ростом суммарного населения крупных городов рассматриваемого полигона.

2. Указанный фактор может рассматриваться в качестве одного из важнейших при оперативных расчетах перспективного пассажиропотока на направлениях, перспективных для сооружения ВСМ.

Таблица 3

Год	$Y^{II}_{2010-2016}$ (формула (3))	Y_k (формула (4))	$Y^{II}_{2010-2016}$ (формула (2))
2018	17,7576	0,2996	5,320
2019	17,931	0,3215	5,765
2020	18,1044	0,3434	6,217
2021	18,2778	0,3653	6,677
2022	18,4512	0,3872	7,144
2023	18,6246	0,4091	7,619
2024	18,798	0,431	8,102
2025	18,9714	0,4529	8,592

Библиографический список

1. Советский энциклопедический словарь. Издание третье. Главный редактор А.М. Прохоров. – Москва: Советская энциклопедия, 1984.
2. Численность населения Российской Федерации по муниципальным образованиям. – М.: Федеральная служба государственной статистики России Росстат, 2017.
3. Волкогонова О.Д., Зуб А.Т. Стратегический менеджмент: учебник. – М.: Форум, Инфра-М, 2013.
4. Крылов В.И., Бобков В.В., Монастырный П.И. Вычислительные методы, т.2. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1977.
5. Пресс-релиз, пресс центр ОАО «РЖД» от 21 мая 2015 г.
6. Пресс-релиз, пресс центр ОАО «РЖД» от 12 января 2016 г.
7. «Сапсан» обогнал авиацию по пассажиропотоку // Газета «Гудок». – Выпуск от 15 мая 2016 г.
8. Шестилетний опыт эксплуатации поездов «Сапсан» на направлении Москва – Санкт-Петербург / Н.С. Бушуев, Д.О. Шульман / Сборник статей «Проектирование развития региональной сети железных дорог» / Под ред. В.С. Шварцфельда, и др. – Хабаровск: ДВГУПС, 2016. – Вып.4. – С. 89-92.
9. Борьба за секунды. Праздник высоких скоростей – для пассажиров // Октябрьская магистраль. Издательский дом «ГУДОК». – 2016. – №48.
10. Транснациональное достояние. Магистраль особого назначения. // Газета «Гудок». – 2017. – № 163.

УДК 625.1

ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ВСМ ЕКАТЕРИНБУРГ – НИЖНИЙ ТАГИЛ

Скутин А.И., Гаймалтдинов А.А.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уральский государственный университет путей сообщения» (Екатеринбург)

В настоящее время разработана «Программа организации скоростного и высокоскоростного железнодорожного сообщения в Российской Федерации». В России ско-

ростными принято считать поезда, идущие со скоростью 140 км/ч и выше. Поезда, следующие со скоростями 200 км/ч и выше именуется высокоскоростными. В рамках программы предусмотрена реализация двадцати проектов организации скоростного (СМ) и высокоскоростного (ВСМ) железнодорожного сообщения. Предусматривается и разработка пилотного проекта СМ Екатеринбург – Нижний Тагил. Авторами этой статьи выполнены предпроектные разработки по проектированию скоростной магистрали на участке Первоуральск-Кузино.

С ноября 2015 года по маршруту Екатеринбург – Нижний Тагил протяженностью 140 км запущен скоростной электропоезд «Ласточка». Всего на рассматриваемом участке ежедневно обращаются 12 электропоездов, из которых четыре – скорые. Время следования скорых поездов «Ласточка» составляет 1 час 49 минут при участковой скорости 77 км/ч, в то время как участковая скорость обычных электропоездов не превышает 60 км/ч. Сокращение времени поездки повысило привлекательность железнодорожного транспорта. Так, за первое полугодие 2017 года поездами «Ласточка» на рассматриваемом участке перевезено более 352 тысяч пассажиров. Это на 22,2 % больше, чем за тот же период 2016 года.

Следует учитывать, что между Екатеринбургом и Нижним Тагилом ежедневно курсируют 97 автобусных рейсов в каждом направлении. Время следования автобусов по маршруту составляет 2 часа 11 минут. Таким образом для привлечения пассажиров на железнодорожный транспорт имеются немалые резервы.

Специалистам-железнодорожникам понятно, что необходимо разделять грузовые и пассажирские перевозки. Существующее совмещение различных видов перевозок практически уже загнало железнодорожный транспорт в тупиковую ситуацию.

Авторами статьи было проведено исследование возможности разделения грузовых и пассажирских перевозок на одном из участков трассы Екатеринбург – Нижний Тагил. С этой целью была запроектирована новая трасса для скоростного пассажирского движения.

Трассирование проводилось с учетом условия неизменности местоположения существующих станций. Это ведет к минимизации затрат, связанных с реконструкцией существующей станционной инфраструктуры.

На основе анализа рельефа местности и расположения населенных пунктов между станциями Первоуральск и Кузино, стало понятно, что существуют реальные возможности строительства отдельной железнодорожной линии для пассажирского движения (при этом развитие самих станций Первоуральск и Кузино не учитывалось). В процессе работы были рассмотрены несколько вариантов трасс. План и продольный профиль наилучшего, с нашей точки зрения, варианта показаны на рис. 1. Параметры плана и профиля приведены в табл. 1.

Таблица 1

Параметры плана и профиля трассы

Показатель	Ед. изм.	Кол-во
Длина существующей железнодорожной линии для грузового движения	км	38
Длина проектируемой железнодорожной линии для пассажирского движения	км	35,5
Количество водопропускных сооружений	шт	13
Минимальный радиус кривых	м	1200
Протяженность участков кривых с $R_{\min}=1200$ м	км	1,3
Средний радиус кривых	м	2726

Продолжение табл. 1

Показатель	Ед. изм.	Кол-во
Рабочие отметки:		
- средние	М	2,6
- максимальные в насыпи		7,0
- максимальные в выемке		6,1
Профильная кубатура для однопутной ж.д.:		
- суммарная	тыс.м ³	1080
- удельная на 1 км		30,5
Профильная кубатура для двухпутной ж.д.:		
- суммарная	тыс.м ³	1480
- удельная на 1 км		41,7

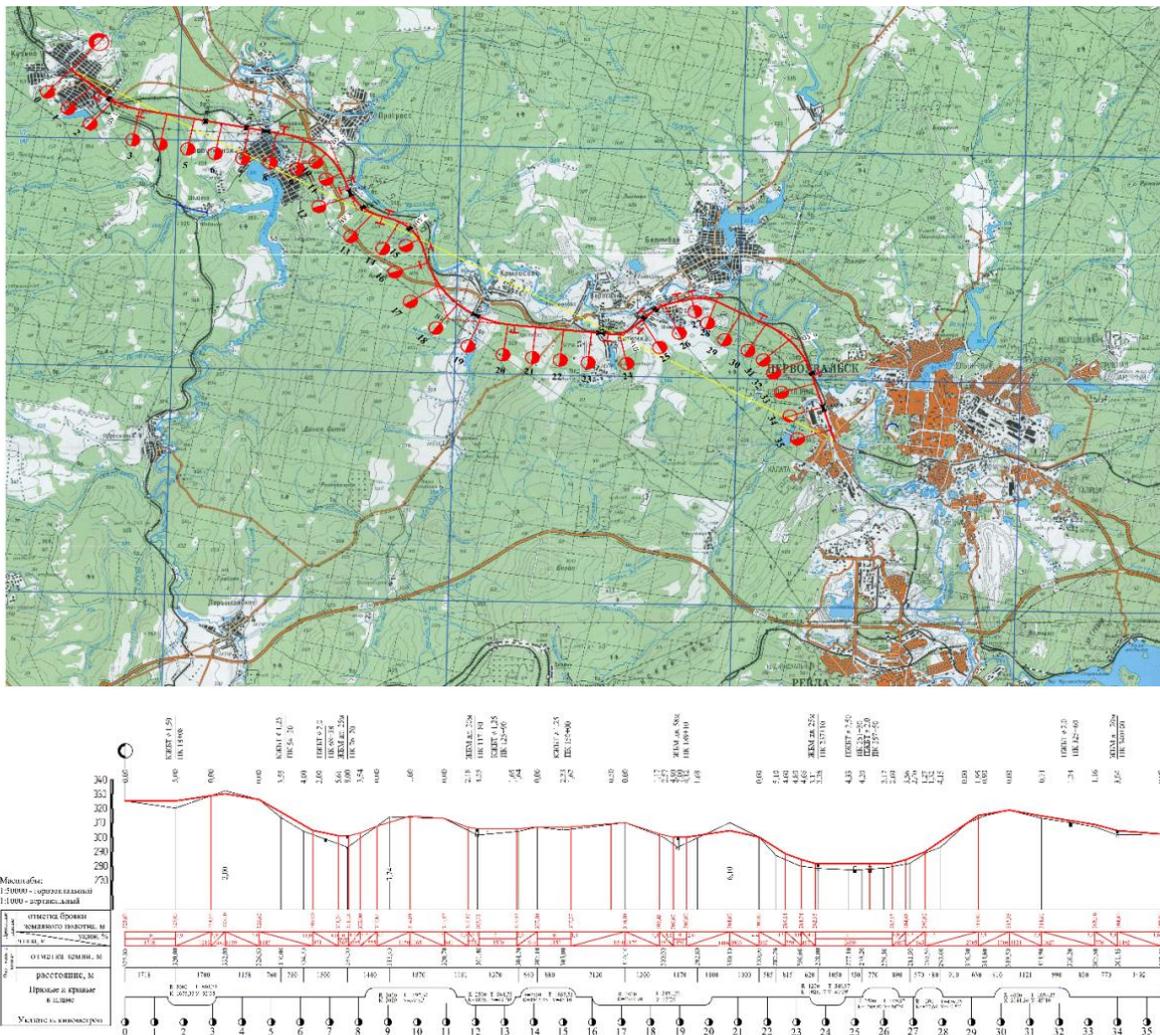


Рис. 1. План трассы и ее продольный профиль

Анализ приведенных объемно-строительных показателей свидетельствует о реальной возможности строительства. Полученные на предварительном этапе показатели кажутся вполне разумными. Строительство отдельной железнодорожной линии для пассажирского движения не только повышает привлекательность железной дороги, но и увеличивает пропускную способность.

ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ВСМ МОСКВА – КАЗАНЬ

Титова Т.С., Тинус А.М.

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I»
(Санкт-Петербург)*

С декабря 2009 года скоростное и высокоскоростное движение [1] по модернизированной инфраструктуре связывает такие регионы, как Московская, Тверская, Новгородская, Ленинградская, Владимирская и Нижегородская области. Высокоскоростные поезда «Сапсан» курсируют в сообщении Москва – Санкт-Петербург, скоростные поезда «Аллегро» – между Санкт-Петербургом и Хельсинки, скоростные поезда «Стриж» – между Москвой и Нижним Новгородом, а скоростные поезда «Ласточка» – между Санкт-Петербургом и Великим Новгородом, Москвой и Нижним Новгородом, в Сочинском регионе и др. Под высокоскоростной магистралью понимают новую специализированную железнодорожную линию, предназначенную для поездов со скоростями движения от 200 до 400 км/ч. Под скоростным движением – перевозку пассажиров со скоростями от 140 до 200 км/ч по модернизированным существующим линиям.

Ежегодно скоростные и высокоскоростные поезда ОАО «РЖД» перевозят свыше 3,2 млн пассажиров.

Развитие скоростного и высокоскоростного сообщения определено «Программой развития скоростного и высокоскоростного движения на сети железных дорог ОАО «РЖД» на перспективу до 2020 года» и «Стратегией развития железнодорожного транспорта в Российской Федерации до 2030 года».

Предусмотрено создание сети скоростных и высокоскоростных маршрутов (высокоскоростных линий – порядка 4,3 тыс. км и скоростных линий – более 7,5 тыс. км). Ключевыми проектами ВСМ станут линии:

- Москва – Казань – Екатеринбург, протяженность 1 532 км;
- Москва – Санкт-Петербург, протяженность 659 км;
- Москва – Ростов-на-Дону – Адлер, протяженность 1 540 км.

Пилотным проектом высокоскоростной железнодорожной магистрали (ВСМ) в России является строительство ВСМ по маршруту Москва – Казань с продлением на Екатеринбург.

Протяженность маршрута составит 770 км, максимальная скорость движения – до 400 км/ч. Время в пути между Москвой и Казанью составит 3,5 часа, Москвой и Нижним Новгородом – 2 часа, Нижним Новгородом и Казанью – 1,5 часа.

Строительство ВСМ планируется на территории нескольких субъектов Российской Федерации: Москва, Московская, Владимирская, Нижегородская области, Чувашская Республика, Республика Марий Эл, Республика Татарстан.

На максимальные размеры движения ВСМ выйдет к летним перевозкам 2030 года: 34 пары высокоскоростных пассажирских поездов и 11 пар ускоренных региональных поездов.

На ВСМ будет построено 795 искусственных сооружений, в их числе: три уникальных моста — через Волгу (длиной 4 км), Оку и Суру, 50 больших мостов общей протяжённостью 31 км; 78 средних мостов; 49 эстакад общей протяжённостью 77 км; 33 железнодорожных путепровода и 128 автодорожных; 454 водопропускных трубопровода. Ежедневно планируется осуществлять до 24 рейсов в обе стороны, в случае

увеличения пассажиропотока возможно больше. Предусматривается возможность курсирования поездов «Сапсан», «Ласточка» и ускоренных региональных электропоездов.

Уже на этапе строительства будет создано 370 тыс. дополнительных рабочих мест, в том числе в высокотехнологичных областях. Среди обрабатывающих отраслей наибольший эффект получают производство стройматериалов, металлургия, машиностроение.

Строительство такого масштабного объекта как ВСМ неминуемо будет сопровождаться увеличением антропогенной нагрузки на окружающую среду [2]. Причем на её составляющие, такие как атмосферный воздух, водные объекты, почва и биота, будут оказаны все виды воздействий: механическое (хранение строительных материалов и отходов [3-6]), физическое (шум [7-10], вибрация, электромагнитное загрязнение), химическое (выбросы от строительной техники, сточные воды, размещение отходов) и биологическое.

Основными источниками воздействия на геологическую среду окажется организация и строительство всего технологического комплекса инфраструктуры проектируемого объекта ВСМ, а также основные виды работ, начиная от планировочных мероприятий заканчивая работами по инженерной и биологической рекультивации территории после завершения строительства.

Строительство высокоскоростной железнодорожной магистрали «Москва – Казань – Екатеринбург» может оказать негативное геомеханическое воздействие, проявляющееся в виде нарушения сплошности грунтовой толщи и изменении микрорельефа при производстве земляных работ (срезка грунта, перемещение грунта, планировка склонов), выемке грунта, отсыпке основания строительных площадок и пр. Масштабы воздействия определяются проектными объемами насыпей, выемок и планировочных работ. Воздействие будет захватывать до 100 % зоны строительства объекта и обуславливать изменение состояния геологической среды и активизации опасных экзогенных геологических процессов и гидрологических явлений: овражной или линейной эрозии, склоновые процессы. В пределах буферной зоны трассы ВСМ возможно возникновение негативного гидродинамического воздействия, проявляющегося в активизации процессов повышенного обводнения, подтопления, заболачивания и русловой эрозии.

Основными видами воздействия на недра и условия рельефа на этапе строительства (включая работы по подготовке территории строительства) являются:

Механическое воздействие:

- при формировании насыпей, обеспечивающих погребение почвенного слоя, уплотнение грунта, изменение поверхностного стока, изменение интенсивности эрозионных процессов;
- при строительстве временных дорог и площадок для нужд строительства, приводящих к уплотнению грунта, перераспределению поверхностного стока;
- при производстве работ в водном объекте или непосредственной близости от него, что приводит к переотложению и уплотнению донных осадков;
- при формировании системы береговых укреплений (при необходимости ведения подобных работ при прохождении водных объектов), которые изменяют протекание естественных литодинамических процессов;
- при планировании участков, что изменяет рельеф, уплотняет грунт, перераспределяет поверхностный сток, влияет на протекание опасных;
- при рытье и обратной засыпке земляных траншей для укладки коммуникаций;
- при строительстве временных и постоянных зданий;
- при строительстве временных и постоянных дорог.

Одним из воздействий на геологическую среду в ходе строительства (включая период подготовки территории строительства) является уплотнение. Уплотнение вызвано статическими нагрузками от фундаментов, вновь строящихся дорог, насыпей и т.д. Уплотнение грунта может привести к снижению поглощения дождевых вод и, как следствие, к усилению водной эрозии. Уплотнение грунта может также вызвать изменение морфологических свойств почв. Помимо изменения морфологических свойств почв. Намыв площадок и насыпей, а также, забивка свай сопровождаются уплотнением донных отложений. Значение данного потенциального воздействия оценивается как низкое.

Прямым механическим воздействием на геологическую среду в ходе строительства проектируемого объекта (включая период подготовки территории строительства) является удаление грунтов различного происхождения при проведении работ по демонтажу зданий, сооружений и коммуникаций; землеройных работ.

Принимая во внимание общую загрязненность извлекаемых грунтов, землеройные работы могут сопровождаться вторичным загрязнением. Данные виды работ производятся на ограниченном пространстве и вовлекают сравнительно незначительные объемы грунта, что позволяет охарактеризовать их влияние как точечное.

Снятие растительного грунта и разработка водоотводов запускает процессы эрозии, дефляции и т.д. Косвенным влиянием является изменение характеристик поглощения дождевых вод и поверхностного стока.

Распространенным видом антропогенного воздействия является накопление грунта. Накопление грунта при формировании насыпей изменяет характеристики поверхностного стока и миграции вещества. Погребенный под насыпью почвенный слой подвергается изменению морфологических характеристик, снижению плодородности почв.

Изменение рельефа местности влечет за собой перераспределение потоков миграции вещества, изменяет параметры поверхностного стока. Одним из основных результатов воздействия является активация опасных экзогенных геологических процессов. К данному результату приводят множества источников:

1. Отсыпка насыпей
2. Сооружение дорог
3. Снятие растительного грунта
4. Отсыпка технологических площадок

Химическое воздействие

Загрязнение грунтов, залегающих близко к поверхности, может происходить путем инфильтрации поллютантов в грунт. Это может быть обусловлено следующими причинами:

- утечка и разливы технологических жидкостей, нефтепродуктов и смазочных материалов;
- аварийные разливы нефтяных и нефтехимических продуктов, сточных вод и других отходов в результате нарушения правил гидроизоляции резервуаров, разливы горюче-смазочных материалов.

Химическое загрязнение геологической среды связано с разливами и утечками загрязняющих веществ и их последующей инфильтрацией. При работе в штатном режиме исключены аварийные разливы нефтяных и нефтехимических продуктов, сточных вод и других отходов в результате нарушения правил гидроизоляции резервуаров, разливы горюче-смазочных материалов.

Исходя из результатов инженерных изысканий установлено, что на некоторых участках трассы (например, кадмий, свинец), извлекаемые грунты характеризуются повышенным содержанием загрязнителей. Таким образом, данные поллютанты могут выступить главенствующими элементами и веществами при вторичном загрязнении. Про-

ведение работ в водном объекте или непосредственной близости от водного объекта неизбежно сопровождается взмучиванием, переотложением и вторичным загрязнением.

Основное воздействие на геологическую среду будет оказано в период строительства и, в силу инерционности среды, в период начального этапа эксплуатации сооружений. В связи с этим уже на начальных этапах строительства (включая период подготовки территории строительства) необходимо реализовать весь комплекс мероприятий, направленных на управление и минимизацию возможных негативных проявлений экзогенных процессов

С целью предотвращения выявленных воздействий, снижения их влияния на отдельные компоненты окружающей среды до минимума, а также учета существующих экологических ограничений в районе размещения землеотвода ВСМ, проектом должны быть предусмотрены природоохранные мероприятия.

Общие меры по снижению воздействия на геологическую среду можно свести к следующему:

- мониторинг опасных экзогенных геологических процессов в ходе строительных работ для оперативного принятия предупредительных мер;
- меры по предотвращению движения автотранспорта за пределами производственных зон и вне сети дорог объекта строительства;
- строгое соблюдение всех принятых проектных решений (соответствие объемов, стоимостей и качества выполняемых работ проекту);
- своевременное и качественное выполнение всех природоохранных мероприятий;
- снятие плодородного слоя почвы бульдозером по трассам временных дорог и площадок и перемещения его во временный отвал на границах землеотвода;
- обратное перемещение плодородного слоя почвы из временных отвалов;
- проведением всех строительного-монтажных работ в пределах полосы отвода;
- устройством защитной поверхностной гидроизоляции или дренажей для отвода поверхностных загрязняющих вод;
- надлежащей организацией складирования строительных и расходных материалов;
- соблюдением режима использования прибрежных защитных полос, водоохраных зон водных объектов (пересекаемых трассой проектируемого линейного объекта).

При проведении строительных работ должны быть учтены мероприятия по недопущению геохимического загрязнения грунтовой толщи:

- не допускается монтаж сборочных единиц, труб, деталей, других изделий, загрязненных, поврежденных коррозией, деформированных, с поврежденными защитными покрытиями;
- заправку землеройной и автотранспортной техники горюче-смазочными материалами и их слив следует осуществлять на специально оборудованных площадках со сбором отходов ГСМ в специальную емкость и последующим вывозом на утилизацию;
- места дислокации временных строительных прорабских участков после завершения работ должны быть очищены от мусора, отходов, нечистот и временных построек;
- запасы горюче-смазочных и обтирочных материалов должны храниться в огнестойких емкостях и ящиках, исключающих протечки в специально отведенных местах.

Дополнительно рекомендуется выполнение следующих мероприятий:

- использование при ведении строительных работ только исправной техники;

- следует неукоснительно следить за соблюдением чистоты прилегающих к строительным площадкам участков, захламление которых бытовыми отходами недопустимо;
- при устройстве хозяйственных площадок временного хранения бытовых отходов в границах строительных площадок следует предусмотреть их водонепроницаемое основание (в частности – бетонными плитами), на котором будут устанавливаться мусоросборные контейнеры. Рекомендуется использовать контейнеры с крышками для предотвращения распространения и намкания отходов.

В период производства работ по подготовке территории строительства наибольшим по степени воздействия ожидается прямое механическое воздействие на грунты в ходе производства земляных работ, многократного проезда дорожно-строительной и автомобильной техники и в результате захламления прилегающей территории в ходе демонтажа зданий, сооружений и коммуникаций. Попадание демонтируемых элементов на поверхность площадки производства работ может привести к ее деформации и загрязнению. Многократный проезд техники и производство земляных работ могут привести к изменению прочностных характеристик поверхностных грунтов.

Также в период производства работ возможно химическое загрязнение почвенного покрова и грунтов в ходе попадания загрязняющих веществ. Поступление загрязняющих веществ может быть обусловлено аварийными разливами нефтепродуктов в районе стоянки техники и автотранспорта, а также разгерметизацией инженерных сетей, попадающих в зону производства работ. Соблюдение правил обустройства площадок стоянки техники на водонепроницаемом твердом покрытии с обвалованием по периметру площадки, четкое соблюдение границ производства работ и правил демонтажа и перекладки инженерных сетей и коммуникаций приведет потенциальное негативное воздействие к минимуму.

На заключительном этапе строительства рекомендуется провести восстановление нарушенных участков путем закрепления почв различными травами и вяжущими материалами. При проведении строительных работ должны быть учтены мероприятия по недопущению геохимического загрязнения грунтовой толщи, в т.ч.:

- не допускается монтаж сборочных единиц, труб, деталей, других изделий, загрязненных, поврежденных коррозией, деформированных, с поврежденными защитными покрытиями;
- заправку землеройной и автотранспортной техники горюче-смазочными материалами и их слив следует осуществлять на специально оборудованных площадках со сбором отходов ГСМ в специальную емкость и последующим вывозом с территории;
- места дислокации временных строительных прорабских участков после завершения работ должны быть очищены от мусора, отходов, нечистот и временных построек;
- запасы горюче-смазочных и обтирочных материалов должны храниться в огнестойких емкостях и ящиках, исключающих протечки в специально отведенных местах.

Недопущение халатного отношения к окружающей среде исполнителей работ при строительстве может свести к минимуму возможное загрязнение почвы. В этом случае загрязнение почв на этапе строительства будет характеризоваться присутствием загрязнений только в приповерхностном слое и возможностью устранения ущерба посредством комплексной рекультивации в ограниченном объеме.

В период проведения подготовительных работ источниками воздействия на атмосферный воздух являются выбросы от дорожно-строительной техники и автотранспор-

та, выбросы пыли при проведении земляных работ и хранении грунта в отвале, выбросы загрязняющих веществ при резке металлических конструкций сносимых зданий, выбросы от бензопил при расчистке территории от зеленых насаждений, выбросы от поста мойки на строительной площадке, выбросы при заправке дорожно-строительной техники, выбросы при работе ПЭС и ГНБ, выбросы от железнодорожной техники принимающей участие в замене контактной сети.

Выбросы загрязняющих веществ, поступающих в атмосферный воздух при проведении подготовительных работ для строительства, носят временный характер и не окажут значительного отрицательного воздействия на окружающую среду прилегающей территории и после окончания подготовительного периода перестанут оказывать воздействие на окружающую среду.

Основным видом возможного воздействия на поверхностные водные объекты будет являться сброс сточных вод.

На площадках работ будут образовываться сточные воды:

- хозяйственно-бытовые, обусловленные наличием рабочих на строительной площадке;
- поверхностные сточные воды;
- производственные сточные воды от установок мойки колес.

Для нужд рабочих необходимо устанавливать биотуалеты, отходы которых должны регулярно вывозиться обслуживающей организацией.

Наиболее вероятно загрязнение поверхностных вод поверхностными сточными водами со стройплощадки. Поверхностные сточные воды должны собираться внутриплощадочной сетью и, после оттаивания в приемке, сбрасываться в городскую сеть ливневой канализации.

В период подготовки территории строительства требуется проведение шумозащитных мероприятий, например:

- установка передвижных шумозащитных экранов, рассчитанных на период строительства;
- использование строительной техники с минимальными шумовыми характеристиками;
- расстановку машин на строительной площадке необходимо осуществлять с целью максимального использования естественных преград и на как можно большем расстоянии от жилых домов;
- проведение строительных работ осуществлять по графику периодичности работы строительной техники;
- производство профилактического ремонта механизмов;
- улучшение качества подъездных и внутриплощадочных дорог;
- ограничение скорости движения строительной техники и автомашин по стройплощадке;
- ограничение времени работы строительной техники;
- рассредоточение строительной техники;
- стоянка строительной техники только с выключенным двигателем;
- максимальное использование ручного труда.

Источниками воздействия на растительный покров на этапе подготовки полосы строительства являются:

- механические нарушения растительного покрова вследствие проезда техники;
- нарушение гидрологического режима территории, приводящее к затоплению или заболачиванию участков вдоль насыпи, что может привести к усыханию деревьев;

- возникновение эрозионных процессов;
- захламление бытовым мусором и другими видами отходов;
- химическое загрязнение растительного покрова при разливах ГСМ, химических веществ и неочищенных сточных вод;
- атмосферное загрязнение вследствие работы двигателей машин и механизмов;
- рекреационная нагрузка;
- пожары.

Захламление предоставленного участка строительным и бытовым мусором и иными видами отходов приводит к повышению пожароопасности, ухудшению санитарного состояния прилегающих лесных насаждений. При соблюдении природоохран-ных мероприятий данный вид воздействия будет отсутствовать.

Из основных загрязнителей, выделяющихся при подготовке полосы строительства в атмосферу, наиболее опасными веществами для растительности будут являться диоксид серы, оксиды азота и фтористый водород. Можно предположить, что воздействие атмосферного загрязнения на прилегающие растительные сообщества будет незначительным и не приведет к повреждению и гибели зеленых насаждений, представленных устойчивыми к загрязнению листовыми деревьями, кустарниками и травами.

К факторам негативного воздействия на животный мир в период подготовки полосы строительства относятся: изменение условий обитания животных в пределах полосы земельного отвода (трансформация местообитаний); интенсификация фактора беспокойства; химическое загрязнение атмосферного воздуха и иной среды обитания животных, их кормовой базы.

Воздействие антропогенного фактора беспокойства также видоспецифично и зависит от поведенческой реакции видов животных на присутствие человека. Этому воздействию больше подвержены птицы и крупные млекопитающие.

Нужно провести следующие мероприятия по охране растительного и животного мира:

1. Строгое соблюдение границ землеотвода.
2. Соблюдение правил пожарной безопасности, строгое запрещение травяных палов, сжигания отходов, разведения костров.
3. Не допускать повреждения зеленых насаждений.
4. Не допускать нарушения гидрологического режима.
5. Расчистку трассы от древесно-кустарниковой растительности; срезку, снятие и перемещение верхней части почвенного профиля осуществлять только в позднеосенне-зимний (внегнездовой) период.
6. Расчистка трассы от древесно-кустарниковой растительности производить с одной стороны, по методу «от себя», чтобы дать возможность животным покинуть зону работ.
7. Твердые бытовые отходы, пищевые отходы хранить в плотно закрывающихся емкостях; обеспечивается их своевременное удаление из зоны проведения работ согласно графику вывоза отходов.
8. Ввести запрет на содержание в зоне проведения работ собак, кошек.
9. Ввести запрет на прикармливание персоналом, занятым в работах по подготовке полосы отвода, бродячих собак и кошек, врановых птиц.
10. Проекторные и другие мощные осветительные устройства устанавливать таким образом, чтобы световой поток был направлен непосредственно на освещаемый объект, в целях отрицательного воздействия на птиц, летучих мышей и другие объекты животного мира, не вызывая их гибели в результате ослепления и потери ориентации, особенно во время миграций.

Библиографический список

1. Киселев И.П., Блажко Л.С., Бушуев Н.С., Ледяев А.П., Смирнов В.Н., Титова Т.С., Фролов Ю.С., Бурков А.Т., Гапанович В.А., Ковалев В.И., Никитин А.Б., Плеханов П.А., Саввов В.М., Соколов Ю.И., Суходеев В.С. *Высокоскоростной железнодорожный транспорт. Общий курс: учебное пособие в 2-х томах / Под ред. И.П. Киселева.* – Москва, 2014. – Том 1.
2. Титова Т.С., Бабак Н.А., Макарова О.Ю., Тинус А.М., Шилова Е.А. *Экологический аспект техносферной безопасности на железнодорожном транспорте: учебное пособие / Т.С. Титова и др.* – М.: ООО «Издательский дом «Автограф»; Издательство «Маршрут», 2017. – 307 с.
3. Ахтямов Р.Г., Титова Т.С. *Геоэкологические проблемы обеспечения безопасности при обращении с отходами Saarbrücken, 2016.*
4. Ахтямов Р.Г., Титова Т.С. *Производственная и промышленная безопасность при обращении с отходами Saarbrücken, 2016.*
5. Ананьева Г.Ю., Панин А.В., Тинус А.М. *Решение рационального компактирования твердых бытовых отходов предприятия ВЧ-8 // Техносферная и экологическая безопасность на транспорте (ТЭБТРАНС-2014). Материалы IV Международной научно-практической конференции.* – 2014. – С. 12-16.
6. Нярвайнен Е.В., Панин А.В., Тинус А.М. *Практические рекомендации по модернизации существующей схемы сортировки твердых бытовых отходов // Техносферная и экологическая безопасность на транспорте (ТЭБТРАНС-2014). Материалы IV Международной научно-практической конференции.* – 2014. – С. 137-141.
7. Титова Т.С., Копытенкова О.И., Курепин Д.Е. *Об объективной оценке акустического воздействия // Железнодорожный транспорт.* – 2017. – № 5. – С. 75-77.
8. Титова Т.С., Иванов Н.И., Шашурин А.Е., Бойко Ю.С. *Комплексные требования к проектированию шумозащитных мероприятий для высокоскоростных железнодорожных магистралей // Техносферная и экологическая безопасность на транспорте (ТЭБТРАНС-2014). Материалы IV Международной научно-практической конференции.* – 2014. – С. 197-201.
9. Юферева Л.М., Тинус А.М. *Применение компьютерных программных комплексов при выборе шумозащитных мероприятий в транспортном строительстве // Техносферная и экологическая безопасность на транспорте (ТЭБТРАНС-2012). Материалы III Международной научно-практической конференции.* – 2012. – С. 193-195.
10. Тинус А.М. *Применение программного комплекса «ШУМ» для исследования шумового воздействия на окружающую среду промышленных объектов и защиты от него // Техносферная и экологическая безопасность на транспорте (ТЭБТРАНС- 2010). Материалы второй международной научно-практической конференции.* – 2010. – С. 238-239.

УДК 338.47

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ РИСКОВ В ПРОЕКТАХ ГОСУДАРСТВЕННО-ЧАСТНОГО ПАРТНЕРСТВА В СФЕРЕ РАЗВИТИЯ ВЫСОКОСКОРОСТНОГО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

Палкина Е.С.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I (Санкт-Петербург)»

Развитие высокоскоростного транспортного сообщения в России является императивом реализации инновационной модели макроэкономического роста и повышения уровня жизни населения.

В настоящее время национальная транспортная система не в полной мере отвечает существующим потребностям и перспективам развития Российской Федерации. В частности, на железнодорожном транспорте наблюдается:

- сокращение объемов реконструкции и строительства инфраструктурных объектов, а также темпов обновления парков подвижного состава, что привело в последние годы к существенному ухудшению их технического состояния (возрастная структура, увеличение износа) и производительности;
- протяженность проблемных с точки зрения пропускной способности мест составляет 8,3 тыс. км, или около 30 % протяженности железных дорог, обеспечивающих около 80 % всей грузовой работы железнодорожного транспорта;
- инновационная составляющая в развитии парков подвижного состава и технических средств транспорта остается на низком уровне, особенно при осуществлении внутренних перевозок;
- износ основных производственных фондов железнодорожного транспорта по отдельным группам достиг более 50%, как следствие, существенно ухудшаются показатели безопасности и экономической эффективности работы транспорта;
- 6 субъектов Российской Федерации не имеют железнодорожного сообщения с другими регионами страны;
- особо актуальна проблема привлечения инвестиций в развитие транспортной отрасли, что обусловлено низкими инвестиционными возможностями транспортных предприятий, трудностями с привлечением долгосрочных заемных средств, неразвитостью механизмов государственно-частного партнерства [1].

В результате, это приводит к значительным потерям экономики России (в том числе в виде упущенной выгоды) от низкой конкурентоспособности транспортной системы.

Основными проблемами реализации конкурентных преимуществ Российской Федерации на мировом рынке являются: недоиспользование транзитного потенциала, несоответствие транспортной инфраструктуры потребностям внешней торговли, низкая конкурентоспособность российских перевозчиков на мировом рынке [2].

В настоящее время международный транзит через территорию Российской Федерации составляет менее 1% товарооборота между странами Европы и Азии, то есть используется только 5-7 % процентов ее транзитного потенциала [2]. Реализация транзитного потенциала Российской Федерации возможна только при комплексном развитии крупных транспортных коридоров. Увеличение транзита требует качественно нового развития транспортных узлов, терминально-логистических комплексов и таможенных переходов. Для решения этих задач Российская Федерация имеет минимальный запас времени с учетом того, что иностранными государствами инициируется ряд крупных проектов, предусматривающих осуществление евроазиатских экономических связей в обход территории Российской Федерации, что может нанести ущерб экономике страны. Экономический рост Российской Федерации сдерживается также отсутствием в сфере пассажирского транспорта возможностей обеспечения необходимой подвижности населения и мобильности трудовых ресурсов.

Одним из инструментов повышения эффективности железнодорожного транспорта является развитие высокоскоростных межрегиональных и международных сообщений, которые позволят обеспечить равномерность развития субъектов Российской Федерации, повысить мобильность населения, увеличить экспорт транспортных услуг, используя преимущества территориального положения страны.

Финансирование инвестиционных проектов развития транспортной инфраструктуры, в том числе в сфере высокоскоростного железнодорожного сообщения, как в России, так и за рубежом осуществляется преимущественно в форме государственно-частного партнерства (далее – ГЧП) [3].

ГЧП – привлечение органами государственного и (или) муниципального управления частного бизнеса для выполнения работ по техническому обслуживанию, эксплуатации, реконструкции, модернизации или новому строительству объектов общественной инфраструктуры и предоставлению публичных услуг с использованием таких объектов на условиях разделения рисков, компетенций и ответственности, определяемых контрактом и совокупностью нормативных актов [4].

При общем объеме капитальных вложений по инновационному варианту Транспортной стратегии в 106,5 трлн. руб. предусматривается привлечь не менее 50 % из внебюджетных источников [1].

Ключевым условием соглашения о ГЧП является оценка рисков и их последствий как государством, так и частными инвесторами, а также распределение рисков в проекте между его участниками по принципу – риски проекта распределяются на тех участников ГЧП, которые имеют возможность наилучшим образом ими управлять (см. рис. 1).



Рис. 1. Структуризация понятия государственно-частного партнерства*

* *Источник: презентация А. Тарховой «Теория и практика управления проектами ГЧП в РФ»*

ГЧП даёт возможность государству и частному бизнесу распределять риски проекта совместно, обеспечивая взаимную поддержку для получения дополнительных выгод для каждой из сторон [5]. В связи с этим необходимо идентифицировать и проанализировать все основные риски проекта ГЧП, используя инструментарий риск-менеджмента (реестр, карту рисков и др.) [6, 7].

Схема распределения рисков в проектах ГЧП в сфере высокоскоростного железнодорожного транспорта может быть следующей:

государство – все макроэкономические риски, среди них: риск реализации консервативного (а не инновационного) сценария социально-экономического развития страны, риск экономического спада (ухудшение экономической ситуации в стране (па-

дение ВВП, индекса промышленного производства, рост темпов инфляции, безработицы, ухудшение инвестиционного климата и др.); частично рыночные риски: низкий спрос на услуги перевозки по ВСМ (вследствие, например, снижения платежеспособности населения, деловой активности регионов), преимущественная господдержка автомобильного производства / строительство высокоскоростных автомагистралей / аэропортов, несбалансированность транспортной модели в разрезе целей / времени / маршрутов / модальностей, введение тарифных ограничений ФАС России; частично кадровые риски: сокращение притока кадров вследствие демографического кризиса начала 90-х годов, усиление диспропорций в структуре трудовых ресурсов, уменьшение трудоспособного населения в регионах, снижение качества образования, отсутствие в вузах специализированных программ по строительству, эксплуатации, управлению, экономике высокоскоростного ж.-д. транспорта, отток квалифицированных кадров в другие отрасли экономики из-за снижения привлекательности ж.-д. транспорта; частично риск недофинансирования проекта и риск срыва сроков проекта; частично юридические риски: изменение законодательства, отсутствие нормативно-правовой базы в сфере высокоскоростного железнодорожного движения; частично имущественные (предоставление земель) и экологические риски (ужесточение экологических требований);

частный сектор – частично рыночные риски: использование некачественной, неполной информации о потребителях услуг ВСМ, неадекватная оценка спроса, недостаточная сегментация рынка, неудачная ценовая политика, неэффективная реклама, отсутствие налаженных каналов продаж, несоответствие качества / ассортимента услуг / стоимости проезда ожиданиям клиентов; частично риск срыва сроков проекта; частично риски, связанные с персоналом: дефицит высокопрофессиональных кадров, имеющих опыт строительства и эксплуатации ВСМ, уход ключевых сотрудников, мошенничество, неэффективное расходование средств, неисполнение менеджментом проекта принятых обязательств; риски, связанные со строительством и поставкой оборудования: низкое качество проектирования, недостаток инновационных разработок и «прорывных» научно-технических решений, неудачи при проведении НИОКР и освоении новшества, неэффективные закупки оборудования / моторвагонного подвижного состава / сырья / материалов / комплектующих изделий; технологические риски: задержки в следовании поездов, инфраструктурные ограничения конструкционной скорости, нарушение единой технологической платформы, сбои в работе хабовых схем подвоза пассажиров к станциям; частично финансовые риски: нарушение графика поступлений и выбытий денежных средств, недофинансирование проекта, частично юридические (нарушение условий хозяйственных договоров) и экологические риски (нарушение экологического равновесия).

При этом на результативность и эффективность реализации проектов ГЧП в сфере организации высокоскоростного транспортного сообщения могут оказывать влияние следующие ключевые группы стейкхолдеров:

- 1) государство;
- 2) конкуренты (автотранспорт, гражданская авиация);
- 3) акционеры;
- 4) клиенты;
- 5) персонал;
- 6) поставщики / подрядчики;
- 7) общественные организации;
- 8) население.

Уровень воздействия и сила влияния вышеперечисленных стейкхолдеров отображены на матрице «Поддержка / противодействие x сила влияния» (см. рис. 2).

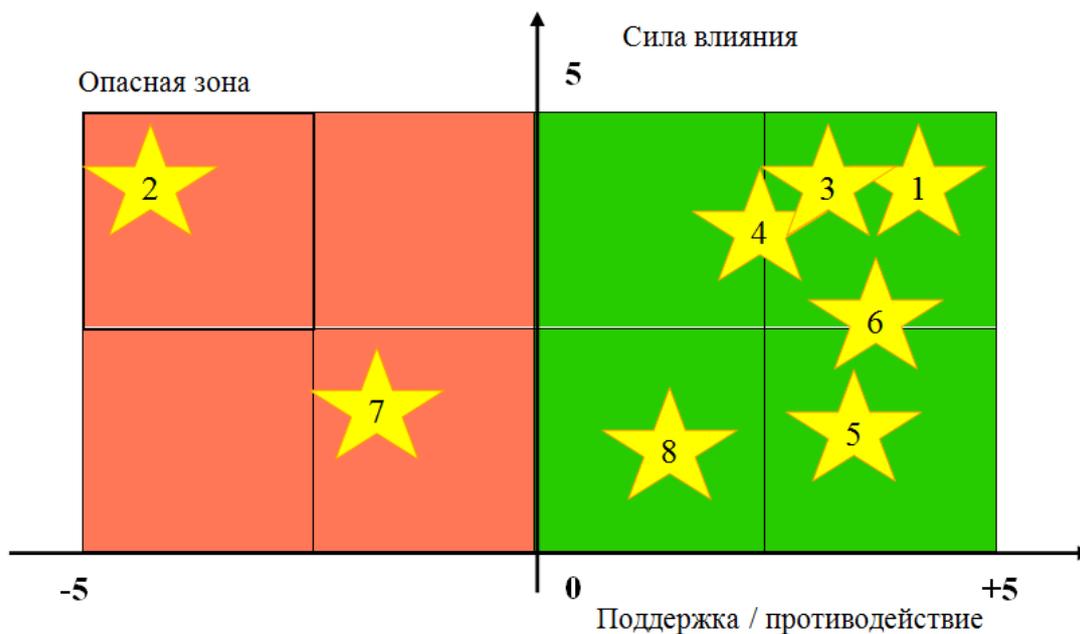


Рис. 2 Матрица «Поддержка / противодействие x сила влияния»

Сила влияния стейкхолдеров измеряется от 0 до 5. Степень поддержки / противодействия деятельности компании стейкхолдерами оценивается в диапазоне значений [-5; 5].

В зависимости от групп стейкхолдеров, силы их влияния следует выстраивать эффективную индивидуальную политику работы с ними. При этом, учитывая невозможность полностью удовлетворить интересы всех стейкхолдеров, важно расставить приоритеты и сфокусироваться на работе с ключевыми стейкхолдерами, в первую очередь с теми, кто оказывает значительное отрицательное влияние на ход реализации проекта, препятствуя развитию высокоскоростного железнодорожного сообщения. Так, конкурентов – автотранспорт, гражданскую авиацию можно трансформировать в бизнес-партнеров как субъектов комплексной транспортно-логистической инфраструктуры. По оценкам экспертов, например, развитие сети ВСМ и инфраструктуры аэропортов может способствовать двукратному росту регионального продукта.

Планирование реагирования на риски должно быть направлено на снижение уровня совокупного риска инфраструктурного проекта ГЧП и содержать разработку вариантов и действий по сокращению угроз стратегическим целям проекта, предусмотрев меры реагирования на риски в порядке их приоритетов, путем включения ресурсов и операций в бюджет проекта и план мероприятий.

Для каждого риска следует выбрать наиболее результативную стратегию или комбинацию стратегий (из известных: 1) уклонение – действовать с целью устранения угрозы или защиты проекта от ее воздействия; 2) передача – перекладывание последствий наступления угрозы вместе с ответственностью за реагирование на третью сторону; 3) снижение – уменьшение вероятности и/или воздействия неблагоприятного риска до приемлемых пороговых уровней; 4) принятие – не предпринимать каких-либо действий до наступления риска) в соответствии с определенным уровнем риска, который формируется исходя из вероятности наступления риска и его воздействия на чистую приведенную стоимость проекта [8]. Для критических рисков с высокой степенью воздействия рекомендуется применять стратегии уклонения и снижения, для реагирования на менее критические угрозы с низкой общей степенью воздействия используются стратегии передачи и принятия риска.

Одной из лидирующих отраслей экономики России по реализуемым проектам ГЧП является транспорт, который особенно нуждается в развитии, модернизации, учитывая с одной стороны, его значимую роль в социально-экономическом развитии страны, общемировую тенденцию ускорения и интеллектуализации транспортного процесса, с другой, – высокую капиталоемкость транспортных инвестиционных проектов, неудовлетворительное текущее состояние многих объектов транспортной инфраструктуры и транспортных средств. Оптимальное распределение рисков в проектах ГЧП в сфере высокоскоростного железнодорожного транспорта обеспечит соблюдение баланса интересов всех участников, а значит, повышение результативности и эффективности в достижении поставленных целей в области развития России высокоскоростного транспортного сообщения.

Библиографический список

1. Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 года: утв. Распоряжением Правительства Российской Федерации от 22 ноября 2008 г. №1734-р. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.mintrans.ru/documents/detail.php?ELEMENT_ID=13008.
2. Постановление Правительства Российской Федерации от 5 декабря 2001 г. № 848 «О федеральной целевой программе «Развитие транспортной системы России (2010-2021 годы)».
3. Палкина, Е.С. Модернизация механизма финансового обеспечения развития транспортной системы России в условиях ограничения доступа к международным рынкам капитала (на примере проекта строительства высокоскоростной железнодорожной магистрали) / Е.С. Палкина // Научное обозрение. Серия 1. Экономика и право. – 2015. – №4. – С. 77-84.
4. Кудрук Н.С. Государственно-частное партнерство в строительстве // Молодежь и наука: сборник материалов X Юбилейной всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием. Сибирский федеральный ун-т, 2014. – С. 106-110.
5. Петров Д.И. Распределение рисков между партнёрами при реализации проектов ГЧП // Молодой ученый. – 2015. – №10. – С. 759-761.
6. ГОСТ Р ИСО 31000-2010 Менеджмент риска. Принципы и руководство. – М.: Стандартинформ, 2012. – 24 с.
7. Аналитический центр «Эксперт» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.acexpert.ru/archive/nomer-33-737/inogo-net-u-nas-puti.html>.
8. Палкина, Е.С. Идентификация рисков развития высокоскоростного железнодорожного сообщения в России и потенциальные способы реагирования на них (на примере проекта ВСМ «Москва – Казань») / Е.С. Палкина // Развитие экономической науки на транспорте: устойчивость развития железнодорожного транспорта: сб. докладов IV Междунар. науч.-практической конф., СПб, 9 июня 2015 г. – Киров: МЦНИП, 2016. – С. 321-343.

УДК 656.2.052.432

ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВ РАЗВИТИЯ ВЫСОКОСКОРОСТНОГО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО И АВИАЦИОННОГО ТРАНСПОРТА НА НАПРАВЛЕНИИ МОСКВА – САНКТ-ПЕТЕРБУРГ

Бушуев Н.С., Шульман Д.О.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I» (Санкт-Петербург)

Направление Москва – Санкт-Петербург является основным звеном Октябрьской (в прошлом Николаевской) железной дороги. Регулярное движение между Петербургом

и Москвой было открыто еще в 1851 году. В 80-е годы прошлого столетия в СССР было принято решение об организации между Москвой и Петербургом скоростного движения, уже в тот период времени велось немало научных разработок по созданию высокоскоростного железнодорожного движения в стране. Одной из наиболее результативных таких разработок стала программа «Высокоскоростной экологически чистый транспорт» по созданию высокоскоростной магистрали Центр – Юг. В 1992 году РАО «Высокоскоростные магистрали» совместно с конструкторским бюро «Рубин» начали разработку отечественного высокоскоростного поезда «Сокол». Рекордную скорость 236 км/ч «Сокол» развил именно на опытном участке главного хода Октябрьской железной дороги Дорошиха - Лихославль 29 июня 2001 года. Однако, после заводских и приемочных испытаний проект был закрыт.

С декабря 2009 года на главном направлении Октябрьского хода курсируют поезда «Сапсан», скорость движения которых составляет в основном 200 км/ч, а на некоторых участках 250 км/ч, минимальное время в пути – 3 часа 40 минут. Сегодня направление Москва – Санкт-Петербург отличается самым большим пассажиропотоком в России.

Следует отметить, что поезда «Сапсан» пользуются популярностью у населения, а пассажиропоток вот уже на протяжении 7 лет отличается стабильным ростом. На рост пассажиропотока в зоне тяготения направления Петербург – Москва оказывают влияние многие факторы и особенности данного коридора. Так, например, исследования [1] показали, что благоприятное развитие экономической ситуации и высокий показатель деловой активности между двумя крупнейшими мегаполисами способствует увеличению объема пассажиропотока в данном направлении. В качестве оценки экономической и деловой активности регионов и городов выбран показатель валового регионального продукта (ВРП) в рассматриваемом регионе. На рис. 1 показана динамика роста валового регионального продукта в Санкт-Петербурге и Москве за 15 лет. Как видно из рис. 1, на протяжении многих лет показатель ВРП существенно растет.

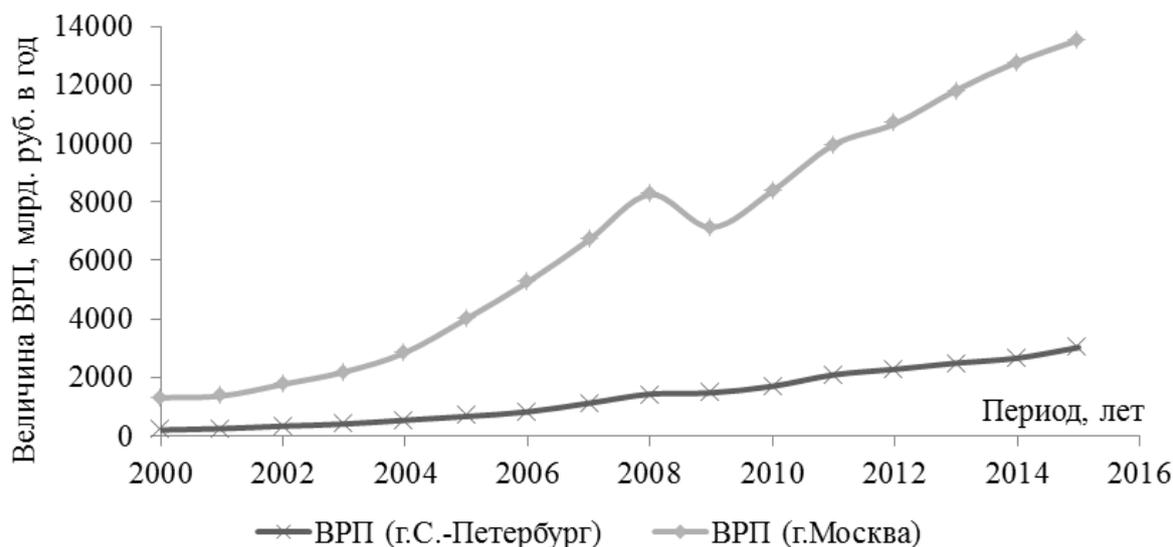


Рис. 1. Величина ВРП за период с 2000 по 2015 гг. в Москве и Санкт-Петербурге [2]

На объём пассажиропотока большое влияние оказывает также туристическая активность населения в зоне тяготения магистрали [1]. Согласно исследованиям Центра информационных коммуникаций «Рейтинг» совместно с журналом «Отдых в России» [3] туристическая привлекательность регионов может быть оценена такими критериями

как: уровень развития туристического бизнеса (общее число мест в гостиницах и число жителей, занятых в сфере туризма); оборот туристических услуг (количество рублей, заработанных в сфере туризма, на каждого жителя региона); популярность региона у россиян и иностранцев (по количеству ночевок в гостиницах); туристическая уникальность (рейтинг достопримечательностей и курортов – по данным ЮНЕСКО, материалам СМИ и экспертным оценкам); экологическое «здоровье» региона, а также развитость транспортной и социальной инфраструктуры.

На рис. 2 представлен показатель численности размещённых лиц в гостиницах в Санкт-Петербурге и Москве за 15 лет. Как видно из рис. 2, на протяжении многих лет показатель населённости гостиниц также увеличивается.

Отмечая рост пассажиропотока на направлении Санкт-Петербург – Москва нельзя не отметить сильнейшую конкуренцию, которая возникла между авиасообщением и поездами «Сапсан» на данном направлении. С момента запуска поездов «Сапсан» наблюдается следующая динамика развития высокоскоростного железнодорожного и авиационного пассажиропотока на данном направлении [4-8] (см. рис. 3).

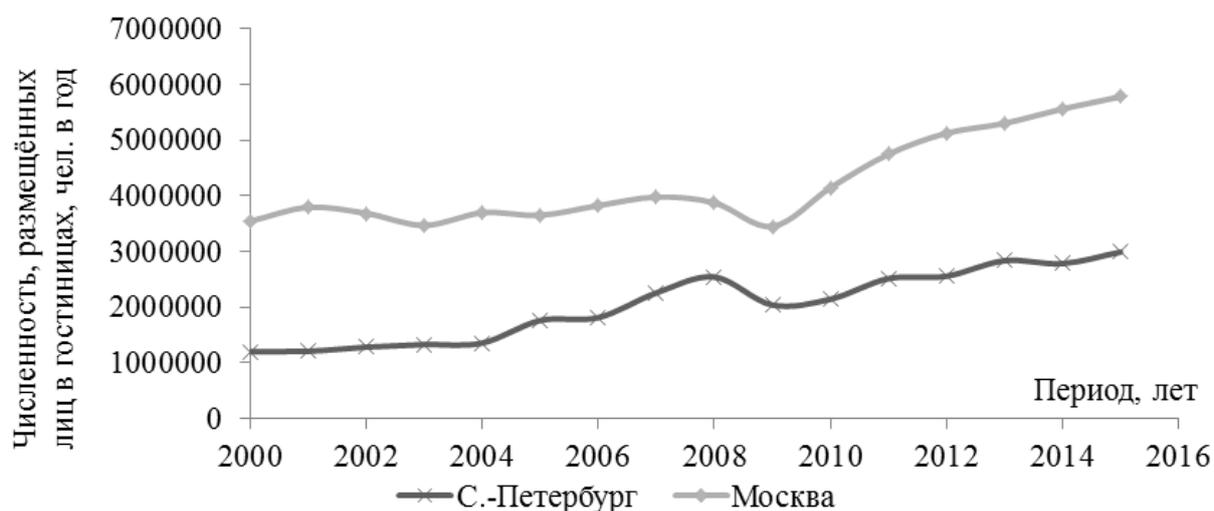


Рис. 2. Численность размещенных лиц в гостиницах за период с 2000 по 2015 гг. в Москве и Санкт-Петербурге [2]

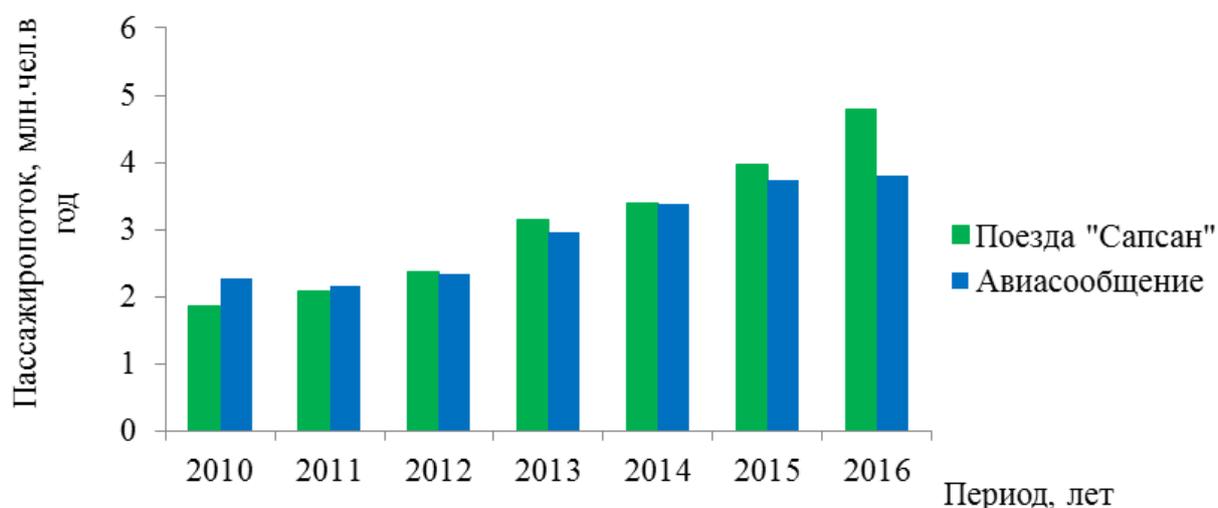


Рис. 3. Пассажиропотоки на направлении Москва – Санкт-Петербург

Величина пассажиропотока на направлении Москва – Санкт-Петербург за период с 2010 по 2016 год значительно выросла на обоих видах транспорта. Прирост пассажиропотока за период с 2010 по 2016 гг. составили 160% на поездах «Сапсан» и 70% на авиатранспорте. Заслуживают внимания результаты прогноза пассажиропотока между рассматриваемыми видами транспорта на данном направлении до 2020 года.

Возьмем в качестве исходных статистических данных пассажиропотоки поездов «Сапсан» и авиатранспорта за 2010-2016 гг. включительно. Проанализируем результаты полученной линейной регрессии до 2020 года (см. рис. 4).

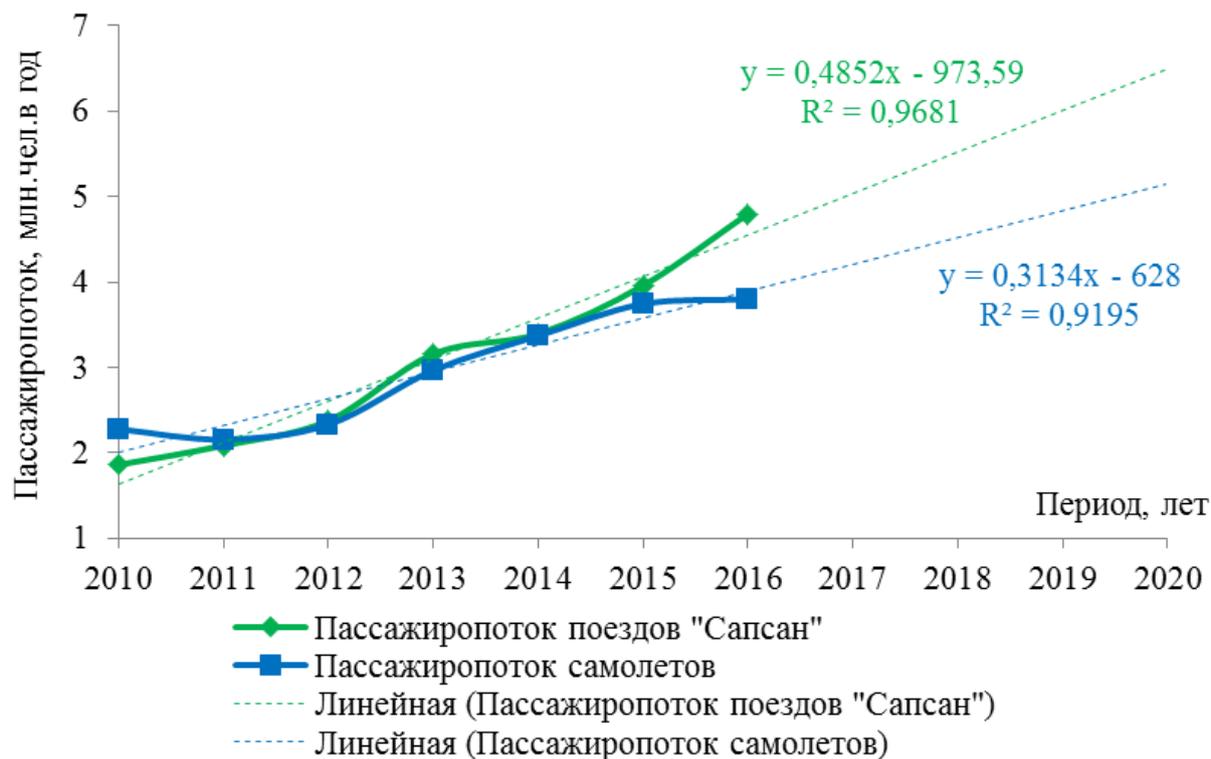


Рис. 4. Прогноз пассажиропотоков поездов «Сапсан» и авиатранспорта на направлении Москва – Санкт-Петербург до 2020 года

Результаты прогнозных расчетов показали, что величина пассажиропотока поездов «Сапсан» на 2020 год составит около 6,5 млн чел. и авиатранспорта – около 5 млн чел. Суммарный пассажиропоток на обоих видах транспорта к 2020 году достигнет 11,5 млн человек, что в 3 раза превышает суммарный пассажиропоток 2010 года.

Для определения достоверного прогнозного пассажиропотока требуется постоянная корректировка расчётов с учетом появления новых статистических данных как пассажиропотока на поездах «Сапсан» и самолетах, так и изменения социально-экономических показателей развития региона.

Уже через несколько лет рост пассажиропотока на направлении Москва – Санкт-Петербург потребует увеличения интенсивности движения транспортных средств, что в свою очередь потребует дополнительных расходов как в области железнодорожного, так и воздушного транспорта. На сегодняшний день показатели суммарного пассажиропотока заставляют задуматься о сооружении на данном направлении новой «выделенной» ВСМ, затраты на сооружение которой могут быть сопоставимы с существующими затратами на модернизацию существующего главного хода Октябрьской желез-

ной дороги. Решение данных задач требует комплексного подхода на государственном уровне с учётом интересов как городов Санкт-Петербург и Москва, так и тяготеющих к ним субъектов РФ: Ленинградской, Новгородской, Тверской и Московской областей.

Библиографический список

1. Оценка перспектив организации скоростного и высокоскоростного движения поездов в России / Д.О. Миненко (Шульман) / Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 1. – Режим доступа: www.science-education.ru/121-18016.
2. Данные Федеральной службы государственной статистики России (Росстата) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.sks.ru.
3. В России составили туристический рейтинг регионов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://rustur.ru/v-rossii-sostavili-turisticheskij-rejting-regionov>.
4. «Сапсан» обогнал авиацию по пассажиропотоку // Газета «Гудок». – 2016. – 76.
5. «РЖД перевезли между Петербургом и Москвой больше пассажиров, чем авиакомпания» // Деловой Петербург. – Выпуск от 14 сентября 2015 г.
6. Шестилетний опыт эксплуатации поездов «Сапсан» на направлении Москва – Санкт-Петербург / Н.С. Бушуев, Д.О. Шульман // Сборник статей «Проектирование развития региональной сети железных дорог» / Под ред. В.С. Шварцфельда и др. – Хабаровск: ДВГУПС, 2016. – Вып. 4. – С. 89-92.
7. Борьба за секунды. Праздник высоких скоростей – для пассажиров // Октябрьская магистраль. Издательский дом «ГУДОК». – 2016. – №48.
8. Транснациональное достояние. Магистраль особого назначения // Газета «Гудок». – 2017. – № 163.

УДК 656.02

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВАКУУМНОГО ПЕЗДА (HYPERLOOP) В РОССИИ

Иголкин Г.В., Пегин П.А.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I» (Санкт-Петербург)

Введение

Проект вакуумного транспорта Hyperloop появился в 2012 г. как альтернатива на строительство Высокоскоростной Калифорнийской железной дороги, которую американские инженеры оценили в 60 млн. долл. за 1 км. трассы. Разработчик Hyperloop американский бизнесмен Илон Маск заявил, что строительство его трассы обойдется в 10 раз дешевле. При этом новая технология будет обладать рядом неоспоримых преимуществ в силу своих конструктивных особенностей. Hyperloop представляет из себя надземный трубопровод диаметром – 3,3 м на опорах, внутри которого создается вакуум.

Транспортное средство, в виде специальной капсулы длиной 25-30 м не будет испытывать сопротивления воздуха и перемещаясь над магнитным рельсом со скоростью 1220 км/ч. Создание рабочего рентабельного прототипа будет означать начало новой эры в отрасли перевозок, необходимость которой очевидна вследствие исчерпания потенциала развития традиционной технологии «колесо-рельс», которая в силу конструк-

тивных особенностей пути и токосъёма обеспечивает рентабельность пассажирских перевозок на скорости – 350 км/ч; грузовых – 150 км/ч [1].

Сегодня ведутся активные испытания технологии Hyperloop. 2 сентября 2017 г. на тестовом участке трассы длиной 1,25 км в Хоторне (штат Калифорния) капсула Tesla разогналась до скорости 355 км/ч. Сейчас SpaceX проводит третий этап конкурса разработки кабин для Hyperloop, благодаря чему в начале следующего года планируется достигнуть скорости в 500 км/ч.

1. Актуальность технологии

Однако наряду с успехами технология заслужила немало критики. В целом Hyperloop является очередной попыткой создания вакуумного поезда, которые предпринимались ещё в XIX веке. Так в 1864 г. англичанин Томас Вебстар Ремел построил трассу для движения пневматических поездов в Crystal Palace Park. А в 1870 г. в Нью-Йорке предполагалось создать сеть метро на основе подобной технологии – под Бродвеем был построен рабочий пилотный участок. Однако последующей интеграции технологии в городскую систему транспорта помешал конфликт с властями, опасавшимися за сохранность фундаментов домов под которыми должна была проходить трасса [2].

В XX веке было немало попыток реализации схожих проектов. Но большинство из них отклонили из-за больших затрат необходимых на реализацию. Hyperloop отличается от всех предшественников командным характером работы и более прогрессивной производственной базой. Работа над проектом выстроена так, что технологией занимается сразу несколько конкурирующих команд, что значительно ускоряет естественный отбор идей и решений.

Сегодня правительства США, ОАЭ, Австралии, Индии, России и других государств заинтересованы в строительстве трасс на своей территории, что впервые за более чем 200 лет существования идеи вакуумного поезда, выводит её из разряда утопического концепта на стадию стратегического проекта, определяющего конкурентоспособность государства на мировой арене.

2. Особенности внедрения в России – проблемы и пути их решения

6 сентября помощник президента России Игорь Левитин заявил, что интересно было бы реализовать проекты с применением технологии Hyperloop в России.

Внедрение подобной технологии в нашей стране требует решения не только основных проблем технологии, из которых на сегодня наиболее актуальными являются:

- обеспечение безопасности людей в трубе в случае внештатных ситуаций;
- экономия энергии.

Кроме этих существуют специфические для России задачи:

- 1) обеспечение повышенной деформации оснований;
- 2) увеличение диаметра трубы для внедрения технологии в комплекс мультимодальных перевозок;
- 3) разработка СТУ на строительство подобных объектов;
- 4) выбор оптимального расположения сети.

Первая проблема заключается в том, что строительство трасс по технологии Hyperloop требует решения задачи определения допустимых деформаций оснований с учетом размещения на опорах труб большого диаметра [3].

Движение с высокими скоростями требует повышенной жесткости системы. Так при строительстве мостов на ВСМ допустимый прогиб увеличен в 3,5 раза по сравнению с сооружениями под обычное движение - с 1/800 на трассах с 200 км/ч [4] до 1/2700 (на пролётных строениях длиной 65м при скорости 350 км/ч) [5]. Подобное уве-

личение требований происходит при увеличении скоростей всего на 150 км/ч. Если мы будем иметь скорости близкие к 1000 км/ч, то потребуются не только обеспечение повышенной жесткости оснований и конструкций труб, но и разработка дополнительных направляющих устройств.

Вторая задача, связанная с увеличением диаметра трубы, обусловлена необходимостью перевозки грузов. Третья задача продиктована огромной территорией России и сложившейся логистикой грузовых перевозок. В текущих реалиях, вложение в подобный дорогостоящий проект, возможно только с целью перманентного получения прибыли в дальнейшем. Пассажирские перевозки мало подходят для данных задач, в то время как потенциал транзитного и внутреннего грузопотока в России велик.

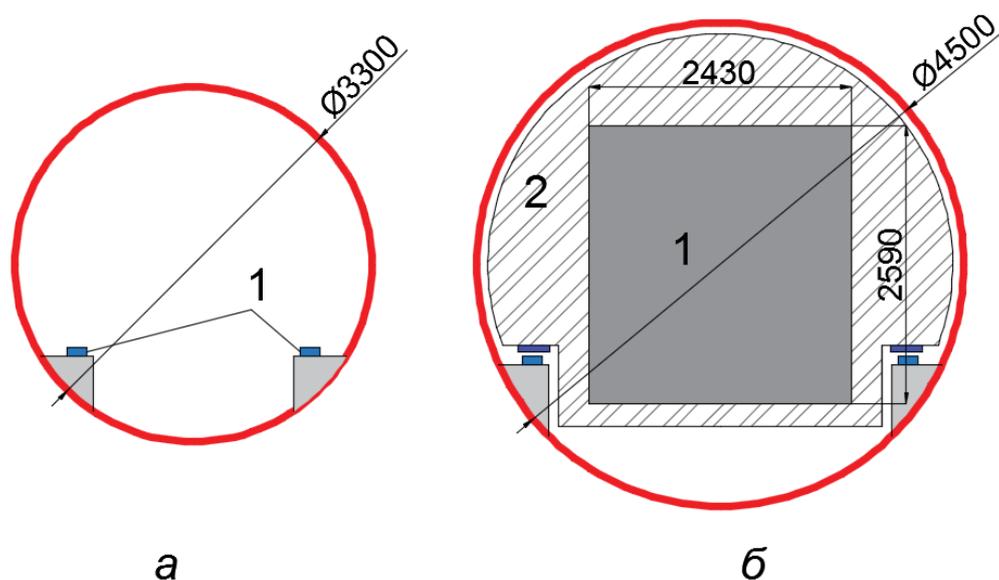


Рис. 1. Оптимизация диаметра системы для российских условий:
 а – проектный диаметр трубы HyperloopOne: 1 – магнитные рельсы;
 б – рекомендуемый диаметр трубы для универсальной грузовой системы:
 1 – контейнер; 2 – грузовая капсула

На сегодня наиболее прогрессивным методом перевозки грузов являются контейнерные перевозки. Не случайно в Европе 98 % тарифованных грузов перевозится подобным образом. Поэтому одним из факторов определения диаметра трубы для российского рынка транспортных услуг будет являться размер контейнера [6].

Если сегодня диаметр Hyperloop – 3,3 м, то для вмещения стандартного контейнера 40 футов (2,43x2,59 м), магнитнолевитационной системы и транспортной капсулы должен быть 4,5 м (см. рис. 1). Что потребует дополнительного усиления стенок системы для поддержания вакуума и увеличения мощности компрессорных установок.

Технически реализация проекта не представляет сложностей. Все задачи могут быть решены при соответствующем научном сопровождении и последовательной проработке поставленных вопросов. По результатам исследований будут разработаны специальные технические условия для российского варианта технологии и в дальнейшем соответствующий свод правил.

Для реализации проекта необходимо определить наиболее подходящее проложение трассы на территории России. Для этого требуется комплексное исследование рынка грузовых и пассажирских перевозок в России, проводимое при сотрудничестве пра-

вительства, отечественных и зарубежных транспортных компаний. В результате исследования будет выявлена потребность и тенденции рынка, составлена комплексная математическая модель и выявлены оптимальные участки для строительства транспортной сети с заданными параметрами.

Заключение

В ходе аналитического анализа было определено, что технология вакуумного поезда обладает существенным потенциалом и в последние годы наблюдается существенный рост научных результатов. Россия, обладающая огромными территориями с консолидированными на ней экономическими центрами, имеет большие перспективы по внедрению подобного высокоскоростного транспорта по сравнению с конкурентами. Для предотвращения отставания в области грузовых перевозок необходимо в ближайшие годы провести комплекс экспериментов и создать отечественный прототип технологии вакуумного поезда на основании которых разработать технические нормы.

Библиографический список

1. Антонов Ю.Ф., Зайцев А.А. Магнитолевитационная транспортная технология. – СПб.: ФИЗМАТЛИТ, 2014.
2. The Broadway Pneumatic Underground Railway [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.nycsubway.org/wiki/Beach_Pneumatic_Transit.
3. Смирнов В.Н. Опоры мостовых сооружений. – Санкт-Петербург: Издательство ДНК, 2013.
4. СП 35.13330.2011. Мосты и трубы.
5. EN 1991-2:2003 (E) Eurocode 1: Actions on Structures – Part 2: Traffic Loads on Bridges.
6. Кондрачук О.Е. Перспективы развития контейнерного бизнеса // Современные проблемы науки и образования. – Екатеринбург: УРГУПС, 2014.

УДК 338.47-656

ПРЕИМУЩЕСТВА ГОРОДСКОГО СКОРОСТНОГО ПАССАЖИРСКОГО ТРАНСПОРТА

Фёдорова М.В.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I» (Санкт-Петербург)

В конце 2016 года Комитет по развитию транспортной инфраструктуры Санкт-Петербурга подготовил НИР «Концепция развития транспортной системы Санкт-Петербурга 2017-2038 гг.». Работа включает мероприятия по строительству и реконструкции улиц и дорог, развитию сети городского электрического и автомобильного пассажирского транспорта на период до 2048 года [1].

Все транспортные проблемы можно разделить на проблемы реализации спроса на передвижение и проблемы развития УДС и дорожно-транспортного комплекса. В «Концепции развития транспортной системы Санкт-Петербурга 2017-2038 гг.» определены приоритетные факторы развития системы городского пассажирского транспорта, актуализирующие его инновационное развитие (см. табл. 1).

Основные проблемы системы городского пассажирского транспорта и приоритетные направления их решения

Проблемы	Приоритетные направления решения
Проблемы реализации спроса на передвижение	<p>Приоритет в развитии интегрированной комплексной системы скоростного внеуличного транспорта (пригородная железная дорога, метрополитен, магнитолевитационный транспорт);</p> <p>Обеспечение приоритета общественного транспорта (выделенные и обособленные полосы) на основе развития трамвайной сети;</p> <p>Оптимизация маршрутной сети и внедрение современной системы управления перевозками</p>
Проблемы развития УДС и дорожно-транспортного комплекса	<p>Реконструкция УДС для обеспечения приоритета общественного транспорта;</p> <p>Строительство объектов для транспортного обеспечения территорий комплексного развития;</p> <p>Формирование дуговых магистралей вокруг центра города;</p> <p>Строительство транспортно-пересадочных узлов;</p> <p>Строительство внеуличных пешеходных переходов;</p> <p>Реализация локальных мероприятий, повышающих пропускную способность УДС и безопасности движения;</p> <p>Развитие вылетных магистралей;</p> <p>Развитие системы магистралей скоростного и непрерывного движения</p>

Эти проблемы можно решить лишь с помощью применения новых технологий. Магнитолевитационный транспорт отвечает требованиям инновационности, так как обеспечивает прорывные решения в организации городских перевозок: безопасность пассажиров, экологическую безопасность, высокую скорость, энергоэффективность, низкую по сравнению с существующими видами транспорта стоимость жизненного цикла.

Путевая инфраструктура магнитолевитационного транспорта (маглева, МЛТ) – в т.ч. кабели электроснабжения, системы сигнализации и связи – располагается на эстакаде. Дополнительным преимуществом такого расположения инфраструктуры является небольшая (до семи раз меньшая, чем для железнодорожного полотна) ширина полосы землеотвода.

Дополнительно необходимо отметить, что маглев не имеет жестких ограничений по габаритам подвижного состава, в связи с чем его функциональность в перевозке различных видов груза значительно шире, чем у традиционных видов транспорта.

Возможность использования одной инфраструктуры для грузового и пассажирского движения, возникающая благодаря технологическим особенностям системы маглев, позволяет дополнительно осуществлять конкурентоспособные пассажирские перевозки на высокой скорости. Наиболее подготовленной трассой пассажирских перевозок на технологии маглев является трасса ВСМ-1 Санкт-Петербург – Москва.

Среди технологических особенностей пассажирской системы маглев в сравнении с ВСМ следует отметить следующие:

- более высокая скорость перемещения с возможностью существенного увеличения скоростей в эксплуатационном режиме;
- быстрое ускорение и короткий тормозной путь, что повышает динамичность и безопасность движения;

- отсутствие контакта с инфраструктурой, в результате чего разрушающее воздействие отсутствует, срок службы инфраструктуры и подвижного состава увеличивается;
- исключение схода поезда с пути за счет особенностей технологии;
- высокая экологическая безопасность (пониженный уровень шума, малые вихревые потоки, низкое негативное воздействие на окружающую среду);
- высокая приспособленность к ландшафту (преодоление подъема: маглев – 10%, ВСМ – 4%; поворот на скорости 300 км/ч: маглев – 1 950 м пути, ВСМ – 3 200 м);
- энергоэффективность (потребление электроэнергии в 1,5 раза ниже, чем для ВСМ, за счет отсутствия контакта с инфраструктурой).

Создание многофункционального магнитолевитационного транспорта предполагает разработку системы перманентной магнитной левитации, обеспечивающей зависание транспортного средства на стоянке, электродинамическую левитацию на участках разгона и торможения с нижним пределом начальной скорости левитации ~ 3 км/ч и номинальный левитационный зазор до 200 мм при крейсерской скорости (технология «МагТранСити» предложена в ПГУПС) [2].

МЛТ не сможет заменить общественный транспорт, а лишь займёт свою нишу. Маглев целесообразен там, где происходит контакт с плотной застройкой и скапливаются большие пассажиропотоки, которые не в состоянии обеспечить метрополитен. Особенность конструкции маглева в том, что тележка охватывает несущие балки, препятствует сходу с полосы движения (схода с рельс); выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух при движении поездов исключены; уровень шума меньше на 10 дБ, чем у трамвая; вибрация в 8 раз меньше, чем у легкорельсового транспорта. Маглев обладает самой высокой скоростью из всех видов общественного наземного транспорта.

Многофункциональная бесперекрестная транспортная инфраструктура – это многоуровневый транспортный коридор с наземными и подземными уровнями бесперекрестного движения, при необходимости объединенный с деловой и торговой застройкой, с паркингами и каналом (техническим этажом) для прокладки городских инженерных коммуникаций.

Экономическая эффективность такой системы выше, чем существующая сейчас технология обеспечения мегаполиса транспортом и энергокоммуникациями на основе самостоятельных инфраструктурных решений.

Это и создает предпосылки для привлечения частного бизнеса в городскую инфраструктуру, так как гарантирует прибыльность в традиционно убыточных видах деятельности.

Скоростной городской пассажирский транспорт – наземный или надземный транспорт, обеспечивающий движение поездов с маршрутной скоростью 45 (\pm 5) км/ч и осуществляющий движение по выделенным путям, выполняющий регулярные перевозки пассажиров по установленным и фиксированным на длительный период времени маршрутам.

Расширяя классификацию рельсового скоростного городского транспорта, выделяем следующие классификационные признаки: влияние на экологию, экономичность, технологичность и безопасность (см. табл. 2) [3].

Как видно из табл. 2, магнитолевитационный транспорт является по многим критериям более предпочтительным, чем традиционные виды городского транспорта. Инновационной транспортной системой для городских перевозок является транспорт на магнитолевитационной технологии.

Таблица 2

Классификация скоростного городского транспорта по основным признакам

Виды транспорта	Классификационные признаки			
	<i>1. Влияние на экологию</i>			
	Уровень шума при движении, внутри и снаружи, <i>dB</i>	Уровень вибрации при движении	Выделение пыли при движении (металлической, резиновой и т.п.)	
Метро	Высокий (> 70)	Низкий	Низкое	
ЛРТ	Средний (65-70)	Средний	Среднее	
МЛТ	Низкий (< 65)	Высокий	Высокое	
	<i>2. Экономичность</i>			
	Стоимость строительства 1 км «под ключ»	Эксплуатационные расходы на пассажир/место (из расчета 80000 пассажиров в рабочие дни недели)	Расход электроэнергии на пасс/место, кВт/вагон-км	
Метро	Высокая (70 млн \$)	1,73 \$	Высокий (3,84)	
ЛРТ	Средняя (40 млн \$)	1,73 \$	Высокий (3,84)	
МЛТ	Низкая (35 млн \$)	1,13 \$	Низкий (3,72)	
	<i>3. Технологичность</i>			
	Маршрутная скорость движения (км/ч), остановки через 1 км при ускорении 1,1 м/сек ²	Провозная способность (чел./день). 48 вагонов на 15-километровой линии (вместимость вагона 115 чел./вагон)	Совместимость с селитебной зоной (жилыми зонами) и влияние на пассажиров	Возможность прохода в непосредственной близости и «входа» в общественные Здания
метро	Средняя (35 ± 5 км/ч)	Средняя (64 800 чел./день, интервал каждые 4'3")	Неблагоприятная (шум, вибрация)	Низкая (шум, вибрация, пыль)
ЛРТ	Низкая (20 ± 5 км/ч)	Низкая (36 800 чел./день, интервал каждые 3'8")	Неблагополучная (шум, вибрация, пыль)	Низкая (шум, вибрация, пыль)
МЛТ	Высокая (45 ± 5 км/ч)	Высокая (82 200 чел./день, интервал каждые 3'1")	Нет негативно-го воздействия	Высокая (низкий уровень шума, вибрации, пыли)
	<i>4. Безопасность</i>			
	Безопасность движения (возможность схода с колеи)			
Метро	Возможен			
ЛРТ	Возможен			
МЛТ	Не возможен			

Создание линий скоростного пассажирского движения на основе магнитной левитации является одной из мер по обеспечению приоритетности развития и преобладания общественного транспорта над индивидуальным автомобильным транспортом, а

также роста финансовой и социально-экономической эффективности общественного транспорта.

Библиографический список

1. Концепция развития транспортной системы Санкт-Петербурга 2017-2038 гг. (перспектива до 2048г.) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://krti.gov.spb.ru/koncepciya-gazvitiya-transportnoj-sistemy-sankt-peterburga>.

2. Зайцев, А.А. Магнитолевитационный транспорт в единой транспортной системе страны: монография / А.А. Зайцев, Е.И. Морозова, Г.Н. Талашкин. – СПб., Типография НП-Принт, 2015. – 140 с.

3. Фёдорова М.В. Формирование стратегий развития городского скоростного транспорта / М.В. Фёдорова // Развитие экономической науки на транспорте: проблемы оптимизации бизнеса: Сб. докладов V Межд. науч.-практ. конф. / под общ. ред. Н.А. Журавлевой; СПб., 13-14 октября 2016 г. – СПб.: ПГУПС, 2016. – С. 505-512.

УДК 656.025.2

ВНУТРИГОРОДСКИЕ ПАССАЖИРСКИЕ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЕ ПЕРЕВОЗКИ: ПОТЕНЦИАЛ РАЗВИТИЯ В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ

Атаев П.Г.

Общество с ограниченной ответственностью «Дорнадзор» (Санкт-Петербург)

Общественный транспорт обслуживает около 70% населения Санкт-Петербурга, его работа должна обеспечивать безопасный, комфортный и скоростной перевозочный процесс. Существующая система городского пассажирского транспорта (ГПТ) не в полной мере отвечает этим требованиям. Главный показатель для пассажиров – это время которое затрачивается на перемещение, а оно определяется скоростью движения. Средняя скорость, которую сегодня обеспечивают уличные виды транспорта, невелика – в пределах 15 км/ч (см. табл. 1). Для современного мегаполиса с населением более 5 млн человек это крайне низкий показатель. Внеуличный транспорт – метрополитен осуществляет перевозки со скоростью до 40 км/ч, однако, он охватывает не всю территорию: в 15-минутной пешеходной доступности от станций проживает лишь 1,5 млн человек [2].

Учитывая скорость строительства метро и экстенсивное развитие агломерации Санкт-Петербурга, сеть метрополитена не способна даже на отдалённую перспективу обеспечить всю её территорию. Таким образом, требуется принципиально иной подход в планировании развития скоростного транспорта.

В современных мегаполисах скоростной пассажирский транспорт, как правило, включает в себя, помимо метро, сеть городских железных дорог, они функционируют в большинстве крупнейших европейских городов. По пассажиропотоку такие системы сопоставимы с метрополитеном, а в отдельных случаях превосходят его [1]. Их формирование базировалось на использовании существовавших в городской черте железнодорожных линий. Зарубежный опыт показывает насколько эффективно подобные системы обеспечивают транспортную доступность отдалённых районов города, маятниковую миграцию и разгружают метро.

Действующая в Санкт-Петербурге система пригородных электропоездов обеспечивает связь города с остальной территорией агломерации и региональной системой

расселения (см. рис. 1). Её структура имеет радиальное строение и не является связанной – головные вокзалы обслуживают отдельные направления, обеспечивая, в основном, маятниковую миграцию. При этом, железнодорожная сеть имеет неиспользованный ресурс для обеспечения перевозок в самом ядре агломерации.

Таблица 1

Характеристики общественного пассажирского транспорта по видам [3]

№	Показатель	Метрополитен	Электропоезда	Трамвай	Троллейбус	Автобус
1	Протяжённость сети, км	113,6	314,5	424	493	1600
2	Количество маршрутов, шт.	5	11	43	49	374
3	Средняя скорость, км/ч	37	40	11,3	11,7	13,6
4	Количество перевезённых пассажиров за год, млн	742	48,9	181,8	143,0	413,7
5	Средний пассажиропоток на маршруте, млн пасс.	148,4	4,5	4,2	2,9	1,1



Рис. 1. Пассажиропоток системы пригородных электропоездов в Санкт-Петербурге

Для обоснования организации внутригородской системы, построена геоинформационная модель и проведён пространственный анализ работы каждого вида транспорта в сочетании с железнодорожной сетью.

Метрополитен имеет выраженную радиальную структуру и достаточно полно охватывает территорию города как раз в сочетании с железными дорогами, в крупных планировочных районах эти виды транспорта чередуются, создавая устойчивую систему. Железнодорожная сеть имеет несколько хордовых направлений, которые дополняют сеть метро: Северное и Южное полукольцо, Сестрорецкое и Всеволожское направления.

У трамвайной сети менее выраженное радиальное строение с разрывами в центре города и, как правило, слабыми межрайонными связями. Исторически этот вид транспорта выполнял функции общегородской сети, но в последние десятилетия утратил своё значение, став ещё одним средством связи спальных районов с метрополитеном, на таких линиях достигается наибольший пассажиропоток, до 17 млн пассажиров в год [3]. Выделяются маршруты, конфигурация которых близка к железнодорожной сети: Лахтинский разлив – Большой Сампсониевский проспект; платформа Мурино – пр. Мечникова; Финляндский вокзал – Удельная и другие.

Сеть троллейбусных маршрутов является более разветвлённой, её протяжённость – почти 500 км. Она обслуживает, главным образом, внутрирайонные и межрайонные связи, наибольший пассажиропоток на широтных маршрутах, до 10 млн пассажиров в год и обеспечивает связанность линий метрополитена [3]. Сеть не конкурирует с электропоездами, практически не имея параллельных маршрутов.

Автобусное сообщение имеет наибольшее распространение и является единственной альтернативой среди общественного транспорта для электропоездов в пригородном сообщении. Общая протяжённость сети в границах города превышает полторы тысячи км, она охватывает всю магистральную улично-дорожную сеть и включает в себя 374 социальных и более ста коммерческих маршрутов.

Итак, общегородское значение имеет только система метрополитена. Уличный транспорт, за некоторым исключением, имеет районное или местное значение. Линии электропоездов не используют преимущества конфигурации внеуличной сети, подразумевающие высокую скорость сообщения, регулярность перевозок и их большой объём. Уровень организации системы пригородных поездов таков, что их пассажиропоток наименьший среди видов транспорта. Главный недостаток – это частота движения электропоездов.

В Санкт-Петербурге не представлен легкорельсовый транспорт. Его развитие должно иметь существенное обоснование, так как, затраты на строительство составляют более 1 млрд рублей за км. Эта система не должна дублировать существующие коммуникации, прежде всего, железнодорожные пути, а для обеспечения связанности, вероятно, потребуется интеграция с действующими рельсовыми системами. Проекты, которые активно лоббируются, например, линии во Всеволожск, Колпино и Южный, не удовлетворяют этим критериям.

Для развития пассажирских перевозок с коротким интервалом движения существует ряд ограничений: загруженность железнодорожной сети, однопутные участки, участки без электрификации, пересечения в одном уровне с улично-дорожной сетью. Все эти вопросы имеют решения, большинство необходимых мероприятий содержится в «Генеральной схеме развития железнодорожного узла Санкт-Петербурга» [5]. Их реализация позволит пустить значительную часть грузопотока в обход города, а также увеличить пропускную способность внутригородских участков, что снимет большинство ограничений для пассажирских перевозок.

На основе анализа ГИС-модели, предложена схема развития пассажирского сообщения на железнодорожной сети (см. рис. 2). На первом этапе предусмотрена организация новых остановочных пунктов на действующих маршрутах, строительство дополнительных главных путей на них, подключение Сертолово и аэропорта Пулково. Далее рассматривается включение в сеть Северного и Южного полукольца и других линий. Радиальные направления в предложенной схеме сохраняют своё положение и усиливаются, разгружая метрополитен. При этом формирование широтных связей будет способствовать децентрализации города и ослабит центростремительный характер корреспонденций.

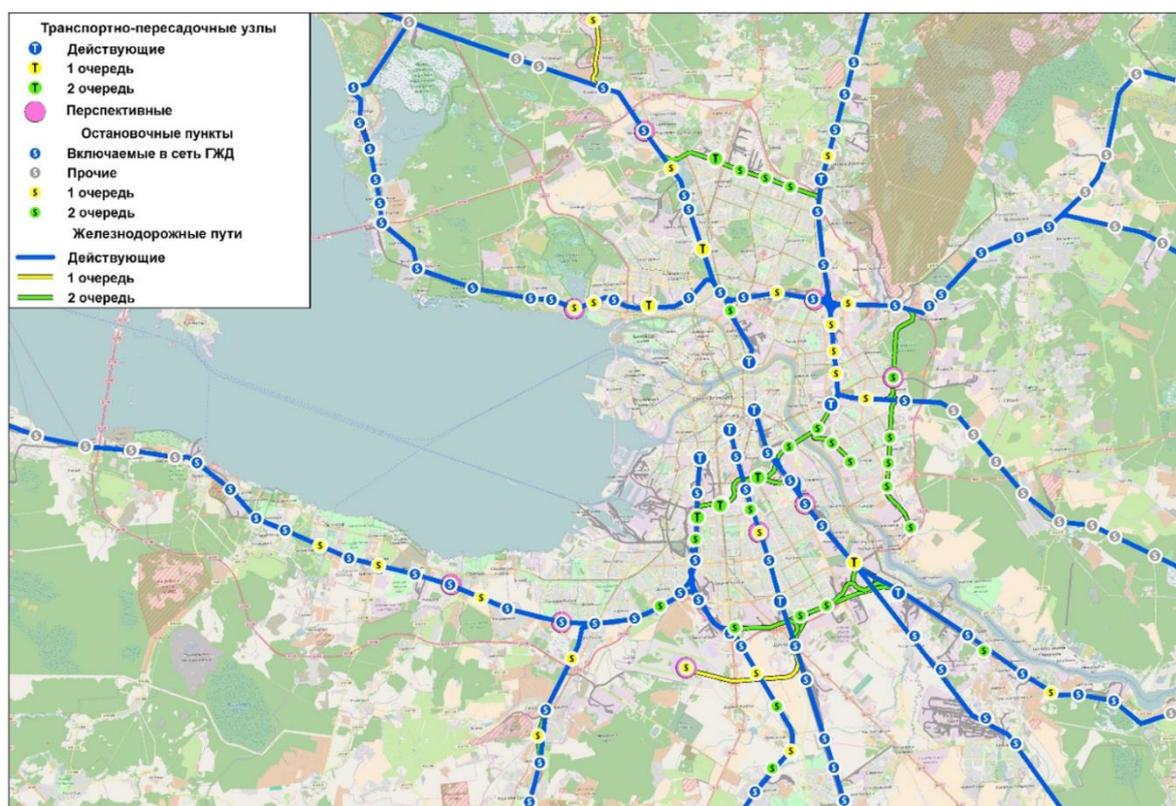


Рис. 2 Перспективная система внеуличного пригородно-городского пассажирского транспорта

Востребованность перспективных маршрутов определена с учётом планируемых к 2025 году районов жилой застройки, число проживающих в зоне 15-минутной пешеходной доступности увеличится на 560 тыс. и достигнет 1,9 млн жителей (см. рис. 3).

В качестве пилотного проекта предлагается осуществить связь общественного делового центра «Лахта» с системой метрополитена. Эта линия, протяжённостью 4,8 км, проходит по селитебной территории и будет обеспечена устойчивым спросом как за счёт появления делового центра, так и подключения крупного района жилой застройки остановочными пунктами Яхтенная и Мебельная. В пешеходной доступности от них проживает около ста тысяч жителей (см. табл. 2). В соответствии с проектом, весь ОДЦ «Лахта» будет обеспечен тремя тысячами машино-мест, исходя из прогнозируемого посещения, только данный объект способен генерировать пассажиропоток до 15 тысяч человек в день. Организация тактового движения электропоездов с частотой до 10 минут, позволит обеспечить увеличение пассажиропотока на линии с 2 млн пассажиров в год до 10,5 млн.

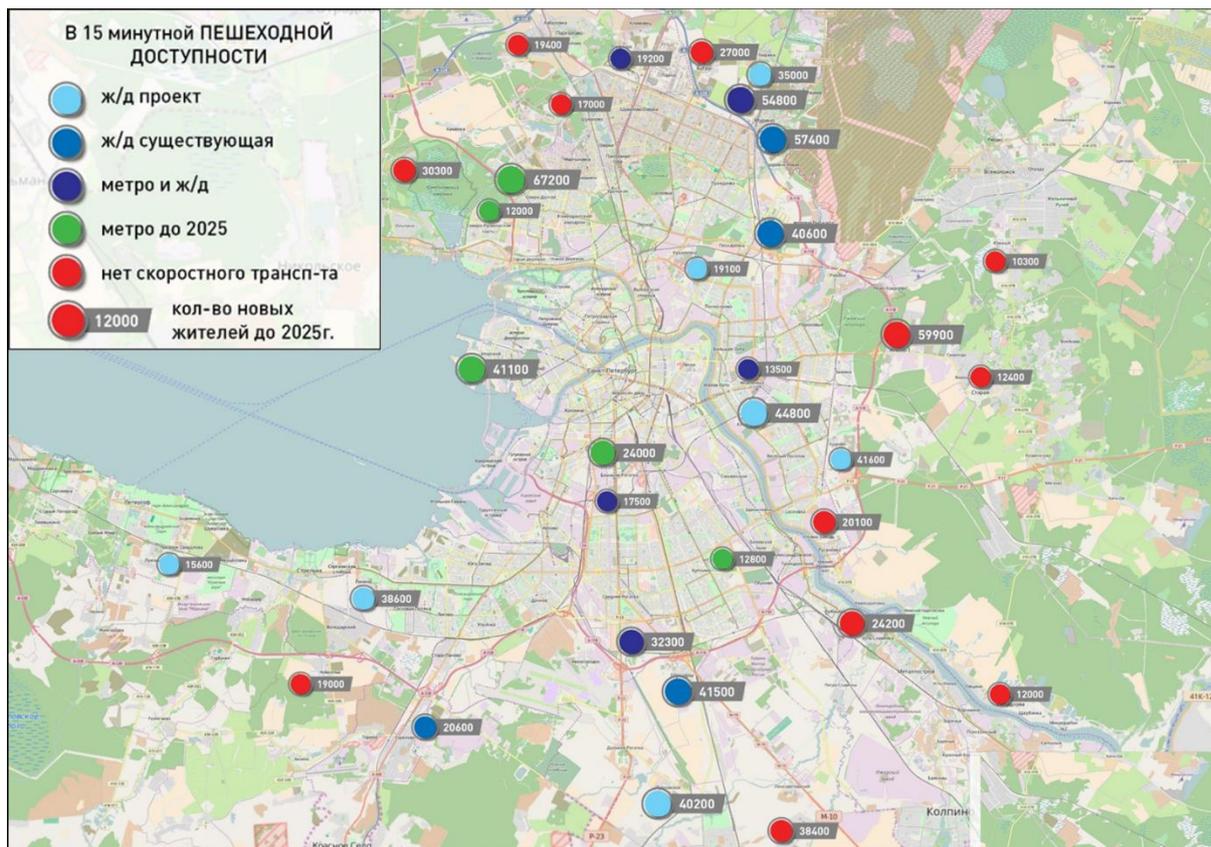


Рис. 3. Обеспеченность скоростным транспортом новой жилой застройки к 2025 году

Таблица 2

Показатели остановочных пунктов линии Старая Деревня – Новая Лахта

№	Остановочный пункт	Транзит, в день, тыс. чел.	Число жителей в 5 мин пеш. доступности, тыс. чел.	Число жителей в 15 мин пеш. доступности, тыс. чел.	Число рабочих мест в 15 мин пеш. доступности, тыс. чел.	Число посетителей, в день, тыс. чел.
1	Старая Деревня	5,5	0,2	10,8	-	-
2	Яхтенная	5,5	2,3	38,5	1,5	4,0
3	Мебельная	4,7	3,7	54,4	1,5	2,0
4	Новая Лахта	4,7	-	4,9	11,2	10,0
	ИТОГО	5,5	6,2	108,6	14,2	16,0

По предварительным расчётам затраты на реализацию составят 4,8 млрд руб. (см. табл. 3). Кроме того, для обеспечения инвестиционной привлекательности данного проекта, могут быть реализованы комбинированные транспортно-пересадочные узлы с торговыми и бизнес центрами. Срок окупаемости в этом случае составит 11 лет.

Так как пригородно-городской общественный транспорт в большинстве случаев не является коммерчески окупаемым [4], именно оказываемый им внутранспортный эффект может выступать обоснованием для государственного субсидирования. Его величина ($\mathcal{E}_{\text{вн}}$) в общем виде может быть определена по формуле [8]:

$$\mathcal{E}_{\text{вн}} = \mathcal{E}_{\text{пч}} + \mathcal{E}_{\text{соц}} + Y_{\text{зд}} + Y_{\text{эко}}, \quad (1)$$

где $\mathcal{E}_{\text{пч}}$ – стоимостной эквивалент экономии времени пассажиров в пути; $\mathcal{E}_{\text{соц}}$ – социальный эффект от улучшения качества обслуживания населения; $Y_{\text{зд}}$ – уменьшение ущерба, наносимого транспортными происшествиями; $Y_{\text{эко}}$ – уменьшение ущерба, наносимого окружающей среде.

Таблица 3

**Стоимость мероприятий для запуска тактового движения
на линии Старая Деревня – Новая Лахта**

№	Мероприятие	Затраты, млрд руб.
1	Строительство дополнительных главных путей	1,77
2	Закупка подвижного состава (2 состава ЭГ2Тв)	1,3
3	Реконструкция о. п. Старая Деревня	0,34
4	Реконструкция о. п. Яхтенная	0,34
5	Строительство о. п. Новая Лахта	0,4
6	Строительство о. п. Мебельная	0,4
7	Строительство двух надземных пешеходных переходов	0,25
	ИТОГО	4,8

Определение первой составляющей связано с вычислением экономии времени пассажиров и оценкой стоимости пассажиро-часа ($C_{\text{пч}}$) [3]:

$$\mathcal{E}_{\text{пч}} = (t_{\text{вн}} - t_{\text{ул}}) \cdot N_{\text{пас}} \cdot C_{\text{пч}}, \quad (2)$$

где $t_{\text{вн}}$ – время полного передвижения пассажира на внеуличном транспорте; $t_{\text{ул}}$ – время полного передвижения пассажира на уличном транспорте; $N_{\text{пас}}$ – количество перевезённых пассажиров за год.

Ожидаемое сокращение времени в пути – 18 минут, прогнозное число пассажиров 10,5 млн, стоимость пасс.-часа 490 руб. [3], таким образом, эффект для данного маршрута составляет 1542 млн руб. в год.

Для оценки экономического эффекта от сокращения затрат времени на проезд к местам приложения труда и улучшения условий проезда применима формула [6]:

$$\mathcal{E}_{\text{соц}} = C_{\text{пч}} \times A_p \times 2 \times (\tau + \varepsilon), \quad (3)$$

где A_p – количество работников, пользующихся в трудовых передвижениях городским транспортом, чел.-час; τ – прирост производительности труда за счет снижения затрат времени на передвижения к месту работы, %; ε – то же за счёт снижения наполнения подвижного состава, %.

Учитывая, что производительность труда снижается на 3,1% в среднем на каждые 10 мин дополнительного времени поездки к месту работы [6], долю трудовых передвижений в 70% [7], эффект составит 57,8 млн руб.

Для расчёта уменьшения ущерба, наносимого здоровью жителей благодаря сокращению транспортных происшествий, использована статистика страховых выплат. Ущерб, наносимый пассажирам электропоездов, пренебрежимо мал, сокращение ущерба от происшествий с автомобильным транспортом определено по формуле:

$$Y_{зд} = \frac{S}{N_{авт} \times \Pi_{ср}} \times (B_{с\text{т}р} + N_{п} \times k_1 + N_{р} \times k_2), \quad (4)$$

где S – расстояние, на которое сократится суммарный пробег автомобилей в год, км; $N_{авт}$ – число зарегистрированных автомобилей; $\Pi_{ср}$ – средний пробег легковых автомобилей в год, км; $B_{с\text{т}р}$ – страховые выплаты; $N_{п}$ – число погибших в ДТП; $N_{р}$ – число раненых в ДТП; k_1, k_2 – коэффициенты оценки ущерба [12]. С учётом доли перевозимых ГПТ пассажиров 70% и средним наполнением легковых автомобилей 1,5 человек, сокращение ущерба равно 22,9 млн руб.

Уменьшение ущерба, наносимого окружающей среде, рассчитано исходя из значения пробеговых выбросов автотранспорта [9] и расчетов платы за негативное воздействие на окружающую среду [10, 11]:

$$Y_{эко} = M_{вв} \times r_v \times S \times C, \quad (5)$$

где $M_{вв}$ – пробеговый выброс вредных веществ, г/км; r_v – поправочный коэффициент, учитывающий среднюю скорость движения транспортного потока; C – тариф за выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух, руб. Уменьшение ущерба составляет 257,1 млн руб.

В соответствии с проведёнными расчётам, внетранспортный эффект от запуска маршрута Старая Деревня – Новая Лахта составит 1,88 млрд руб. в год, или 392 млн за км. Применение представленной методики расчёта позволяет обосновать необходимость выделения средств на подобные проекты.

Итак, организация интенсивных пассажирских перевозок по железнодорожной сети произведёт значительный социальный, экономический, градостроительный и экологический эффекты. Основными результатами станет рост валового регионального продукта, повышение качества жизни населения и увеличение привлекательности города. Существующие ограничения преодолимы, при снятии ведомственных барьеров между органами государственной власти различных уровней.

Основные выводы:

- 1) Общегородское значение имеет только система метрополитена. Уличный общественный транспорт, за некоторым исключением, имеет районное или местное значение.
- 2) Создание новой системы рельсового транспорта – единственная возможность обеспечить качественный перевозочный процесс в агломерации, так как система метрополитена не обеспечит потребности всех жителей в скоростном передвижении на общественном транспорте.
- 3) Для экономического обоснования создания новой рельсовой системы требуется учитывать совокупный внетранспортный эффект.

Библиографический список

1. Атаев П.Г. Перспективы развития системы внеуличного скоростного пассажирского транспорта в Санкт-Петербургской агломерации // Транспорт Российской Федерации. – №1 (68). – 2017. – С. 33-38.
2. Атаев П.Г. Перспективы развития системы внеуличного скоростного пассажирского транспорта в Санкт-Петербургской агломерации // Мат-лы междунар. науч.-практ. конф. «Теория и практика современных географических исследований». – СПб: Свое издательство, 2017. – С. 736-741.
3. Атаев П.Г. Система наземного рельсового транспорта: предпосылки организации в Санкт-Петербурге // Вестник гражданских инженеров. – № 3 (62). – 2017. – С. 216-225.
4. Вучик Вукан Р. Транспорт в городах, удобных для жизни. – М.: Территория будущего, 2011.

5. Генеральная схема развития железнодорожного узла транспортной системы Санкт-Петербурга и Ленинградской области. – СПб, 2015.
6. Игнатова Т.А. Снижение убыточности предприятий городского пассажирского транспорта в малых и средних городах : Автореф. дис. на соиск. уч. степ. канд. экон. наук. – М., 2000.
7. Лосин Л.А. Опыт математического моделирования при разработке транспортных разделов генеральных планов городов // Социально-экономические проблемы развития транспортных систем городов и зон их влияния: Мат-лы XIV Междунар. научно-практич. конф. – Екатеринбург, 2008. – С. 94-97.
8. Меров Ю.М. Городской пассажирский транспорт в условиях государственного регулирования и действия рыночных механизмов : Автореф. дис. на соиск. уч. степ. канд. экон. наук. – М., 2009.
9. Методика определения выбросов автотранспорта для проведения сводных расчетов загрязнения атмосферы городов : Утверждена приказом Госкомэкологии России № 66 от 16 февраля 1999 г.
10. Постановление Правительства РФ № 410 от 01 июля 2005 г.
11. Постановление Правительства РФ № 995 от 29 декабря 2007 г.
12. Оценка социально-экономического ущерба от ДТП в России: методологические вопросы в контексте зарубежных исследований. – М.: Высшая школа экономики, 2015.

УДК 625.03

ВЛИЯНИЕ ОТСТУПЛЕНИЙ В ПЛАНЕ НА УСТОЙЧИВОСТЬ БЕССТЫКОВОГО ПУТИ

Аккерман Г.Л., Скутина М.А.

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Уральский государственный университет путей сообщения» (Екатеринбург)*

При проектировании, строительстве и эксплуатации высокоскоростных железнодорожных магистралей должно уделяться внимание конструкции верхнего строения пути. Наиболее подходящей является – бесстыковая путь. В процессе использования рельсовых плетей под подвижным составом в рельсах возникают различные напряжения, одним из которых является температурное, вызванное резкими колебаниями температур, как в течение дня, так и в течение нескольких часов. Для мониторинга температурных напряжений предлагается устройство – бализа [1–8], позволяющее контролировать температурно-напряженное состояние бесстыкового пути. За счет заложенных алгоритмов электронной схемы бализы: сравнение скорости и ускорения изменения температурных напряжений в каждой отдельной точке пути и оценивается опасность выброса и угона пути.

Бализу предлагается устанавливать в наиболее опасных участках нарушения геометрии и целостности пути. Для определения этих мест было проведено моделирование в программном комплексе «Универсальный механизм». На основании расчетов полученной модели были сделаны выводы о влиянии отступлений в плане – рихтовок на устойчивость пути: чем больше скорость движения поезда, тем больше влияние отступлений в плане на поперечную устойчивость рельсошпальной решетки, в частности на выбросы пути.

Предлагается расчет продольных растягивающих усилий, вызванных поперечной сдвижкой пути и прогнозирование поведения этого отклонения. Если рихтовку описать параболой

$$y = ax^2 + bx + c, \quad (1)$$

то при расположении осей (см. рис. 1) коэффициенты равны: $a = (4 \cdot f) / l^2$, $b=0$, $c = -f$. Отсюда при длине рихтовки $l = 26$ м и величине отклонения $f = 17$ мм, $a = 0,1$, $b = 0$, $c = 0$,

$$y = 0,1x^2 - 17. \quad (2)$$

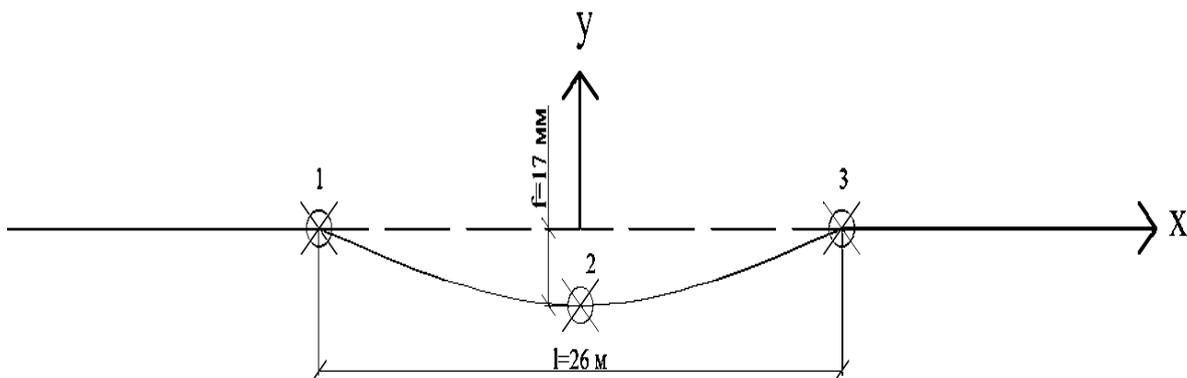


Рис. 1. Аппроксимация рихтовки параболой

Длина дуги S определится:

$$S = \int_{x_1}^{x_2} \sqrt{1 + (y')^2} dx = \int_{-13}^{13} \sqrt{1 + ((0,1x - 17)')^2} dx = 44,55, \text{ м} \quad (3)$$

По закону Гука напряжения в поперечном сечении рельса определяются:

$$\sigma = \varepsilon \cdot E, \quad (4)$$

где E – модуль упругости стали (модуль Юнга). Для рельсовой стали $E = 2,1 \cdot 10^5$ МПа = $2,1 \cdot 10^7$ Н/см²; ε – относительное удлинение.

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l} = \frac{44,55 - 26}{26} = 0,71, \quad (5)$$

$$\Delta l = L - l = 44,55 - 26 = 18,55 \text{ м}, \quad (6)$$

где l – длина пути в месте образования рихтовки; L – длина дуги отступления в плане.

Напряжения пересчитываются в продольные растягивающие силы стержня (рельсовой плети):

$$F = \sigma \cdot S = 0,71 \cdot 2,1 \cdot 10^7 \cdot 82,7 = 123,3 \cdot 10^7 \text{ Н}, \quad (7)$$

где S – площадь поперечного сечения. Для рельса типа Р65 $S = 82,7$ см².

Сравнением значений растягивающих сил, полученных по закону Гука, с температурными продольными силами, по показаниям бализы и рассчитанных (7), определяются поперечные удерживающие силы. Где эта разница меньше, там наиболее опасное место для выброса пути.

Взяв первую производную от (2) получим скорость изменения рихтовки от её длины (8), а вторая производная показывает ускорение этого изменения (9).

$$\frac{dy}{dx} = 2ax = 0,2x \quad (8)$$

$$\frac{d^2y}{dx^2} = 2a = 0,2 \quad (9)$$

Сравнивая выражения (8) и (9) с аналогичными, полученными из предыдущих путеизмерительных лент можно сделать прогноз об опасности выброса для рассматриваемого места, то есть, точки, где желательна установка бализы.

Таким образом на основании предложенных расчетов, зная продольные растягивающие силы можно выявить наиболее опасные места выброса пути, в которые необходимо закреплять устройство.

Библиографический список

1. Аккерман Г.Л., Скутина М.А. Средства контроля за мониторингом рельсовых плетей // РСП ЭКСПЕРТ. – 2015. – №2. – С. 17-18.
2. Аккерман Г.Л., Скутина М.А. Бализа как способ контроля напряженного состояния рельсовых плетей, выброса и разрыва пути // Инновационный транспорт. – 2015. – №3 (17). – С. 34-37.
3. Скутина М.А. Определение напряженного состояния рельсовых плетей при помощи бализ // Повышение эффективности транспортной системы региона: проблемы и перспективы: материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием : В 3 томах. Под редакцией С.М. Гончарука. – Хабаровск, 2015. – С. 88-93.
4. Аккерман Г.Л., Скутина М.А., Калинин А.В., Рыбинцев И.Е. Бализа – средство контроля температурно-напряженного состояния рельсовых плетей, прогнозирование выброса и разрыва плети // Инновационный транспорт. – 2016. – № 2 (20). – С. 54-61.
5. Скутина М.А. Прогнозирование выброса и разрыва рельсовой плети с использованием бализ, экспериментальное определение скорости изменения температурно-напряженного состояния рельсовых плетей // Проектирование развития региональной сети железных дорог. – 2016. – № 4. – С. 360-365.
6. Аккерман Г.Л., Скутина М.А. Контроль температурно-напряженного состояния рельсовых плетей, выброса, разрыва и угона железнодорожного бесстыкового пути при помощи бализы // Вестник Уральского государственного университета путей сообщения. – 2017. – № 1 (33). – С. 28-34.
7. Скутина М.А. Влияние изменения температуры по поверхности и сечению рельса на устойчивость бесстыкового пути // Транспорт Урала. – 2017. – № 1 (52). – С. 81-85.
8. G.L. Akkerman, M.A. Skutina. Control over transverse shifts of rail sleeper lattice which impact on deformation of ballast layer // Procedia Engineering. – 2017. – №189. – P. 181-185.

УДК 624.131:624.04

АНАЛИЗ УСТОЙЧИВОСТИ ОБВАЛЬНО-ОПОЛЗНЕВЫХ СКЛОНОВ

Алпысова В.А.¹, Шкурников И.С.²

¹ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I» (Санкт-Петербург)

² Общество с ограниченной ответственностью «Строй Легион» (Санкт-Петербург)

Горные районы, как правило, характеризуются неустойчивостью склонов, развитием оползней, обвалов, осыпей. Развитие этих процессов на склоновых участках представляет опасность эксплуатации железных дорог. Вся существующая нормативная до-

кументация рассматривает в отдельности каждый вид склонового процесса, так как каждый из них требует особого вида конструкций, предназначенных для стабилизации конкретного вида физико-геологического процесса. Наиболее опасными процессами, имеющими широкое развитие в горных районах, являются оползни и обвалы. Меры защиты сооружений, в том числе железных дорог, от негативного воздействия этих процессов в значительной мере отличаются друг от друга. Поэтому особый интерес представляют обвально-оползневые явления, требующие разработки специальных защитных сооружений.

Особенность строения обвально-оползневых склонов предопределена историей их формирования. Такие массивы чаще всего расположены в горных районах в зонах повышенной периодической активизации тектонико-вулканической деятельности. В результате чередования спокойных периодов и периодов активизации вулканических процессов формируется сложное геологическое строение, представленное перемежающимися слоями эффузивных трещиноватых скальных или полускальных пород с осадочными песчано-глинистыми грунтами.

Устойчивость обвально-оползневых склонов трудно прогнозируема. При проектировании защитных сооружений, стабилизирующих обвально-оползневые склоны, необходима разработка индивидуальных решений, базирующихся на учете особенностей формирования поверхности разрушения, пересекающей чередующиеся слои скальных и песчано-глинистых грунтов.

Основными определяющими факторами гравитационной устойчивости пластов скальных грунтов являются:

- трещиноватость (блочность);
- крутизна и высота.

Трещиноватость эффузивных пород провоцируется как эндогенными процессами, так и экзогенными. Излияние магмы на дневную поверхность сопровождается резким изменением температурного режима, что нередко приводит к образованию трещин в процессе формирования слоя эффузивной породы. Вулканическая деятельность сопровождается землетрясениями, что приводит к образованию разрывных тектонических трещин.

Трещины экзогенного происхождения формируются в результате процессов выветривания и бортовой разгрузки напряжения (трещины отпора).

На устойчивость пластов скальных пород оказывает влияние не только наличие трещиноватости, но и расстояние между трещинами, их ориентация относительно подошвы слоя (угол падения), геометрические параметры трещины (длина, раскрытие), обводненность, прочность материала заполнения.

Крутизна и высота склона оказывает влияние, как на устойчивость, так и на объемы обвально-оползневых процессов.

Поверхность разрушения в пластах скальных грунтов совпадает с наиболее опасной системой трещин и носит линейное или кусочно-линейное очертание.

Основными определяющими факторами гравитационной устойчивости песчано-глинистых пород являются:

- прочностные параметры грунтов;
- гидродинамическое давление;
- ориентация и угол падения подошвы слоя;
- крутизна и высота.

В песчано-глинистых грунтах чаще всего формируется криволинейная поверхность скольжения.

Существующие в настоящее время методы оценки устойчивости склонов базируются на анализе либо оползневых, либо обвальных явлений. Данные методы не позволяют произвести оценку устойчивости склонов, сложенных чередованием слоев скальных и песчано-глинистых грунтов.

Основой для выполнения исследования устойчивости обвально-оползневых склонов являлись результаты инженерно-геологических изысканий, выполненных в горных районах Армении и Эфиопии.

В процессе изысканий фиксировались основные параметры склонов – высота и крутизна, выделялись слои скальных и песчано-глинистых грунтов и замерялись их основные пространственные характеристики, осуществлялась фиксация трещин и построение розы трещиноватости скальных пород, проводились замеры параметров трещин, определялась их обводненность и устанавливались параметры прочности грунтов и материала заполнения трещин.

По результатам обследования 22 обвально-оползневых склонов установлено, что наиболее опасными являются склоны с залеганием с дневной поверхности трещиноватых эффузивных пород, подстилаемых песчаными, глинистыми или песчано-глинистыми грунтами (см. рис. 1, 2).



Рис. 1. Армения. Обвально-оползневой склон на участке эксплуатируемой железной дороги

Устойчивость склонов, прежде всего, определяется их геологическим строением, ориентацией слоев, соотношением их мощности, физико-механическими характеристиками грунтов и гидрогеологическими условиями.

При выполнении оценки устойчивости необходимо перейти от описания природных особенностей склона к построению расчетной схемы. Определяющим факто-

ром при построении расчетной схемы является установление наиболее опасной поверхности разрушения.

Существующие методы инженерных расчетов базируются на рассмотрении устойчивости откоса по линейной (кусочно-линейной) поверхности или по криволинейной поверхности, что не отражает работу откосов сложенных чередующимися слоями пылевато-глинистых грунтов и скальных (полускальных) сильнотрещиноватых пород, отличающихся формированием сложной кусочно-линейно-нелинейной поверхности.



Рис. 2. Эфиопия. Обвальнo-оползневой склон на участке изысканий строительства новой железнодорожной линии

Эффузивные породы, как правило, трещиноватые. Трещиноватость разделяет массив на отдельные блоки. Межблочное пространство характеризуется крайне низкой прочностью, что оказывает влияние на формирование поверхности разрушения и общую устойчивость склонов. Следовательно, устойчивость отдельных слоев склонов, сложенных скальными породами определяется параметрами блочности массива, которая в количественном отношении может быть выражена следующими параметрами:

- расстоянием от бровки откоса до трещины a ;
- длиной трещин l ;
- прочностными параметрами материала заполнения трещины на сдвиг; ориентацией трещин (азимутом падения α и углом падения β),

а также геометрическими параметрами склона:

- углом залегания откоса рассматриваемого слоя склона δ ;
- мощностью слоя h_i .

Формирующаяся в этих слоях поверхность скольжения имеет линейное или кусочно-линейное очертание в зависимости от геологического строения откоса.

Устойчивость прослоев песчаных и глинистых грунтов определяется их физико-механическими характеристиками, углом залегания откоса и мощностью слоя.

Наиболее опасная поверхность скольжения в песчано-глинистых грунтах носит, как правило, криволинейное очертание.

В зависимости от количества слоев и их взаимного расположения можно выделить четыре основных расчетных схемы:

1. Откос сложен двумя слоями – сверху залегает слой скальных трещиноватых грунтов, подстилаемый пылевато-глинистым грунтом;

2. Откос сложен двумя слоями – сверху залегают песчано-глинистые грунты, подстилаемые эффузивными трещиноватыми породами с трещинами ориентированными в сторону откоса;

3. Откос сложен тремя слоями с залеганием песчано-глинистых пород между скальными трещиноватыми породами;

4. Откос сложен тремя слоями с залеганием скальных трещиноватых между песчано-глинистыми грунтами.

В данной работе на основе проведенной серии многофакторного эксперимента выполнен анализ устойчивости склона по схеме 1.

В качестве факторов влияния использованы следующие параметры:

- высота откоса H , м;
- угол заложения откоса в уровне подошвы α , град.,
- расстояние a_i от бровки откоса до трещины
- характеристики прочности песчано-глинистых грунтов: угол внутреннего трения φ_{igr} , град; сцепление c_{igr} , кПа;
- характеристики прочности грунта заполнения трещины: угол внутреннего трения φ_{igr} , град; сцепление c_{igr} , кПа;

В расчетах в качестве фиксированных (постоянных) параметров принимались:

- мощности скального и песчано-глинистого слоев грунта h_1, h_2 ;
- удельные веса скальной породы γ_1 , кН/м³ и песчано-глинистого грунта γ_2 , кН/м³.

Поверхность скольжения - комбинированная. В слое скальных пород линейная, совпадающая с геометрическими параметрами трещины, а в слое песчано-глинистых грунтов наиболее опасная – криволинейная (круглоцилиндрическая).

Расчетная схема обвално-оползневого склона представлена на рис. 3.

Анализ результатов многофакторного эксперимента и аналитических расчетов позволяет сделать следующие выводы:

– трещины, расположенные от бровки откоса на расстоянии

$$a > h_2 \{ \operatorname{ctg}[(\alpha + \varphi_{gr}) / 2] - \operatorname{ctg}(\alpha) \},$$

выходят за пределы формирования поверхности разрушения;

– при значениях прочностных характеристик грунта заполнения трещины $\varphi_{igr} \leq 5^\circ$ и $c_{igr} \leq 1$ кПа, влияние на коэффициент устойчивости не превышает 2%, что позволяет рассматривать блочную систему исключительно как нагрузку на песчано-глинистый слой без учета сил трения между блоками.

На основе обследования глубоких выемок обвално-оползневых склонов железных дорог Армении и Эфиопии и оценки их устойчивости предложена расчетная схе-

ма в виде комбинированной кусочно-линейно-нелинейной поверхности и получена уточненная формула определения коэффициента устойчивости вида:

$$k_{уст} = \frac{\sum_1^n P_{it} \cdot \cos \alpha_{it} \cdot tq\varphi_{it} + \sum_1^n c_{it} \cdot l_{it} + \sum_1^m (P_{иск.б.} + P_{itp}) \cos \alpha_{itp} \cdot tq\varphi_{itp} + \sum_1^m c_{itp} \cdot l_{itp}}{\sum_1^m (P_{иск.б.} + P_{itp}) \sin \alpha_{itp} + \sum_1^n P_{it} \cdot \sin \alpha_{it}}$$

где φ_{it} , град; c_{it} кН/м² – соответственно угол внутреннего трения и удельное сцепление грунта заполнения трещины, принимается по табл. 1 [1] в зависимости от характеристики скальных грунтов и ширины раскрытия трещины или определяется непосредственными испытаниям на сдвиг; P_{it} , P_{itp} , $P_{иск.б.}$ – соответственно вес материала заполнения трещины, вес скального блока, вес грунта в пределах i -го отсека слоя, кН. l_{it} , l_{itp} – соответственно длина трещины, длина основания i -го отсека слоя грунта, м; α_{it} , α_{itp} – соответственно угол наклона трещины к горизонту, угол наклона основания отсека к горизонту, град.; φ_{it} , φ_{itp} – соответственно угол внутреннего трения материала заполнения трещины i -го слоя скального грунта, угол внутреннего трения i -го отсека слоя грунта; c_{it} , c_{itp} – соответственно удельное сцепление материала заполнения трещины, удельное сцепление основания i -го отсека слоя грунта.

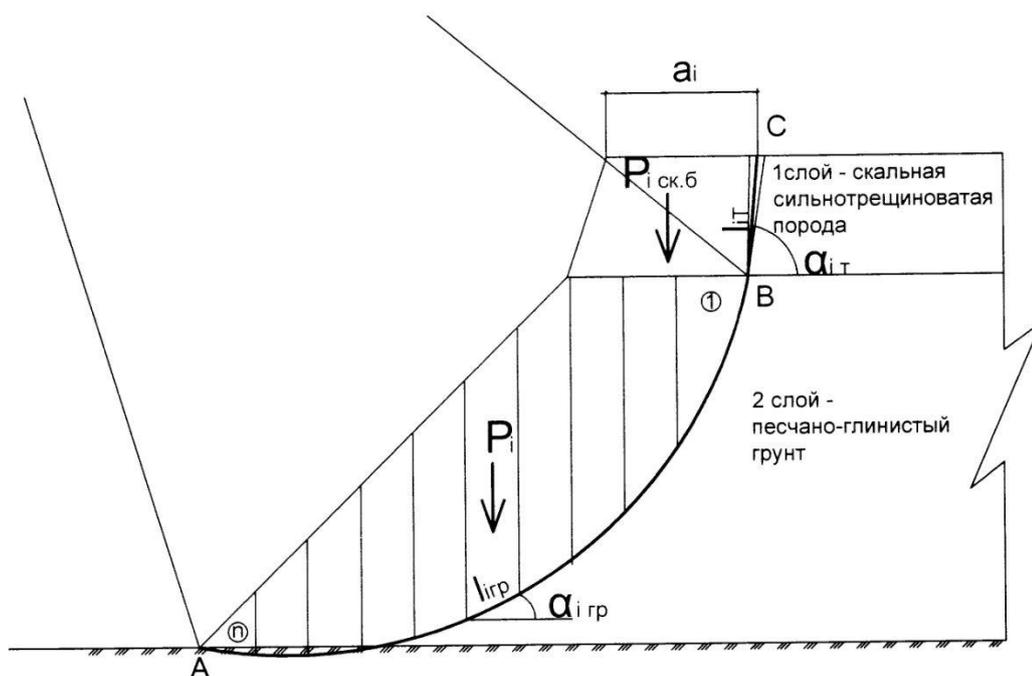


Рис. 3. Расчетная схема

Предварительная оценка устойчивости верхнего скального слоя массива может быть установлена по безразмерному критерию [2]

$$\eta = \frac{\gamma_1 h_1}{R_M},$$

где R_M – прочность пород на сжатие в массиве.

Выполненное исследование позволило произвести уточненную оценку устойчивости склонов и разработать наиболее эффективные меры защиты сооружений от негативного воздействия обвально-оползневых явлений.

Библиографический список

1. Руководство по проектированию противооползневых и противообвальных защитных сооружений. Проектирование противообвальных защитных сооружений. – М., Минтрансстрой, 1983.
2. Обоснование применения на горных предприятиях универсальных критериев устойчивости подземных выработок / В.Е. Боликов, А.Е. Балец // Изв. вузов. Горный журнал. – 2009. – №8. – С. 118-124.

УДК 699.86:625

ПЕРСПЕКТИВЫ В ПРИМЕНЕНИИ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ В ТРАНСПОРТНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Гришина Л.А., Зайцев А.А.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет транспорта (МИИТ)» (Москва)

Продолжительность эффективной эксплуатации инфраструктуры железных дорог и автомобильных дорог зависит не только от качества, применяемых технологий строительства, но и от современных систем водоотведения, которые эффективно работают в течении всего времени эксплуатации, не требуют больших средств на техническое обслуживание и соответствуют экологическим требованиям. Существующие водоотводные системы, применяемые при строительстве автомобильных дорог, могут иметь неглубокое залегание, и в межсезонье вода в них, то замерзает, то оттаивает, что приводит к нарушению процесса отвода стока в предусмотренные системы водоотвода.

Глубина промерзания грунта в основном известна и может быть определена по справочным данным, например, данные по городам среднерусской равнины представлены в табл. 1.

Таблица 1

Глубина промерзания грунта

Город	Нормативная глубина промерзания в метрах			
	Суглинков, глин	Пылеватых и мелких песков	Песков крупных, средней крупности	Крупнообломочных грунтов
Москва	1,35	1,64	1,76	2,00
Санкт-Петербург	1,16	1,41	1,51	1,71
Владимир	1,44	1,75	1,87	2,12
Тверь	1,37	1,67	1,79	2,03
Рязань	1,41	1,72	1,84	2,09
Ярославль	1,48	1,80	1,93	2,19
Вологда	1,50	1,82	1,95	2,21
Нижний Новгород	1,49	1,81	1,94	2,20
Новгород	1,22	1,49	1,60	1,82

Задача улучшения технологии теплоизоляции водоотводных труб особенно при неглубоком их заложении является актуальной, поскольку Российская Федерация имеет обширную территорию, которая простирается далеко на Север и Восток.

Способов защиты труб от промерзания достаточно много и нормативные документы [1] на теплоизоляционные работы предусматриваются варианты изоляции трубопроводов цилиндрами или полуцилиндрами из минеральной ваты на синтетическом связующем; изоляция трубопроводов изделиями (сегментами) минераловатными на битумном связующем; изоляция трубопроводов цилиндрами, полуцилиндрами и сегментами из пенопластов и другие варианты покрытий.

В скандинавских странах на отдельных участках применяется электроподогрев или теплообменная система обогрева с помощью жидкого теплоносителя. Такая защита напоминает работу теплообменного аппарата, в котором горячий теплоноситель нагревает грунт вокруг водоотводной трубы, что обеспечивает её эффективную эксплуатацию.

Наиболее простой способ защиты от промерзания это применение экструдированных теплоизоляционных материалов, которые препятствуют, благодаря своим высоким теплоизоляционным свойствам, проникновению отрицательных температур в грунт и, соответственно, в пучинистых грунтах вода, которая поднимается к поверхности под действием капиллярного эффекта, не будет собираться в линзы и замерзать.

С начала 2000х годов в нашей стране, а также в странах, например, Северной Европы развивается технология применения пенополистирольных плит для защиты от отступлений в текущем содержании рельсовой колеи вследствие проявления пучинных деформаций железнодорожного пути (см. рис. 1).

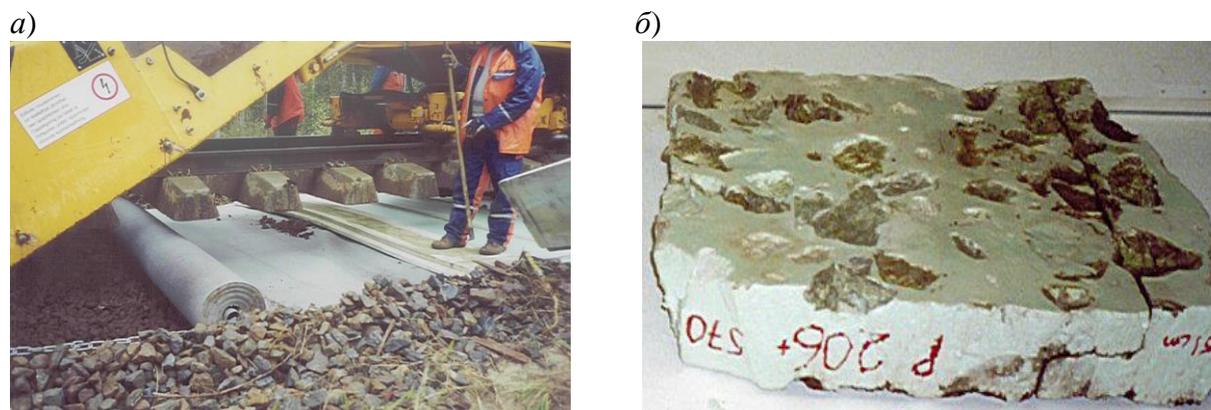


Рис. 1. Укладка пенополистирольных плит на геотекстиль при среднем ремонте пути (Финляндия, Nurmikolu A.&Pauli K. 2005 [1]):
а – укладка плит; б – образец плиты отобранный на действующем пути

На кафедрах «Путь и путевое хозяйство» и «Строительная механика» РУТ (МИИТ) под руководством профессора Е.С. Ашпиза проводились многолетние исследования по оценке свойств пенополистирольных материалов различных производителей на предмет применимости в подбалластных покрытиях и конструкциях защитных слоев. Были сформулированы требования к плитам пенополистирола (см. табл. 2). В настоящее время значительно улучшены показатели сопротивления материала пенополистирольных плит динамическому воздействию от проезжающих поездов (деформативность под многократно приложенной динамической нагрузкой составляет не более 2%).

**Требования к плитам пенополистирола, используемым
в конструкциях подбалластных покрытий и защитных слоев
инфраструктуры железнодорожного пути**

Показатель	Размерность	Допустимое значение	Метод испытаний
Плотность	кг/м ³	≥ 35	ГОСТ 17177-94
Прочность на сжатие при 5% линейной деформации	кПа	≥ 450	ГОСТ 17177-94
Деформативность под многократно приложенной динамической нагрузкой	%	≤ 2	По специальной методике
Водопоглощение по объему за 24 часа	%	≤ 0,5	ГОСТ 17177-94
Коэффициент теплопроводности во влажном состоянии	Вт/(м·К)	≤ 0,04	ГОСТ 7076-99

В дорожном (автодорожном) строительстве требования к деформативности пенополистирольных плит ниже из-за наличия дорожного покрытия, которое воспринимает динамические воздействия от автотранспорта.

Так на рис. 2 представлены три варианта защиты водоотводных труб экструдированной теплоизоляцией: горизонтальный, П-образный и коробообразный. Таким же образом можно защитить магистрали систем водоснабжения. Толщина изоляции в этом случае должна выбираться в зависимости от климатической зоны использования: для Средней полосы России от 30 мм, с прочностью на сжатие не менее 300 кПа; для южных районов России достаточно 20 мм, с прочностью на сжатие не менее 200 кПа, но очень тонкие листы теплоизоляции должны быть защищены от разрушения, например, геотканями или другими геоматериалами; для Северных – от 50 мм и более, с прочностью на сжатие не менее 450 кПа.

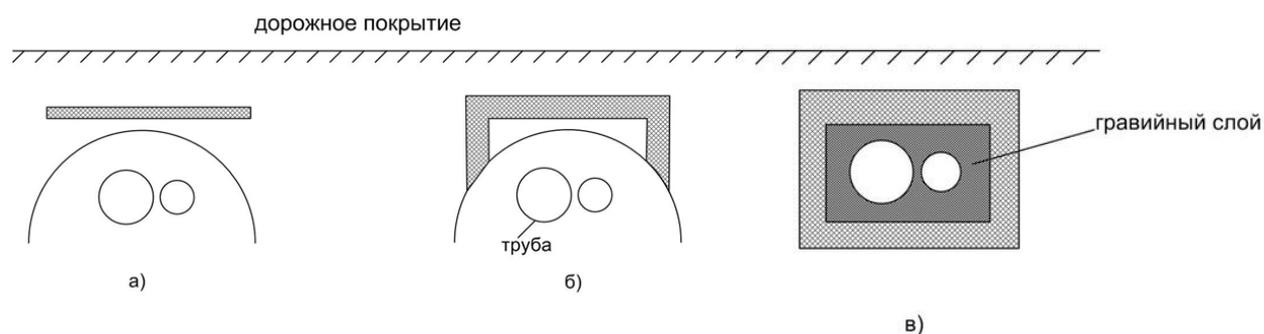


Рис. 2. Варианты конфигурации теплоизоляционного слоя при прокладке систем водоотведения на автомобильных дорогах

Фирмы производители экструдированных теплоизоляций гарантируют способность материалов сохранять свои высокие теплофизические и низкие гигроскопические свойства в течение не менее 20 лет. В настоящее время данных по сохранению (снижению) свойств пенополистирола недостаточно, например, фирма

Styrofoam приводит данные экспериментальных исследований после двенадцатилетней эксплуатации теплоизоляции типа XPS: коэффициент теплопроводности λ увеличился на 6,7 %, прочность на сжатие уменьшилась почти на 20%, плотность ρ увеличилась на 13,4%.

Это объясняется тем, что все теплоизоляционные материалы, включая экструдированные, теряют свои свойства в процессе эксплуатации, поэтому необходимо строго соблюдать технологию их укладки, защищать от повреждений и соблюдать регламентные работы по обслуживанию и эксплуатации. Причём эксплуатационные испытания не могут быть заменены на форсированные, поскольку факторы, влияющие на теплоизоляционные свойства экструдированных теплоизоляций, такие как водопоглощение или коэффициент термического расширения и другие, зависят от времени работы теплоизоляции в тех или иных условиях.

Экструдированные теплоизоляционные материалы могут применяться для прокладки водопропускных труб и дюкеров. Существует несколько способов прокладки, например, в зимних условиях, при замерзании воды в трубе, холодный воздух, попадает в водопропускную трубу, охлаждает наполненный влагой грунт. При этом создаются условия для развития пучения грунта, что приводит к растрескиванию или разрушению всей трубы, а также вызывает «вздутие» дорожного покрытия над трубой. В этом случае можно рекомендовать подкладывание горизонтального слоя экструдированного теплоизоляционного материала под водопропускную трубу: толщина теплоизоляции должна быть не менее 50 мм с прочностью на сжатие не менее 450 кПа, для дорог высших категорий и не менее 30 мм с прочностью сжатия не менее 300 кПа для дорог более низких категорий (см. рис. 3).

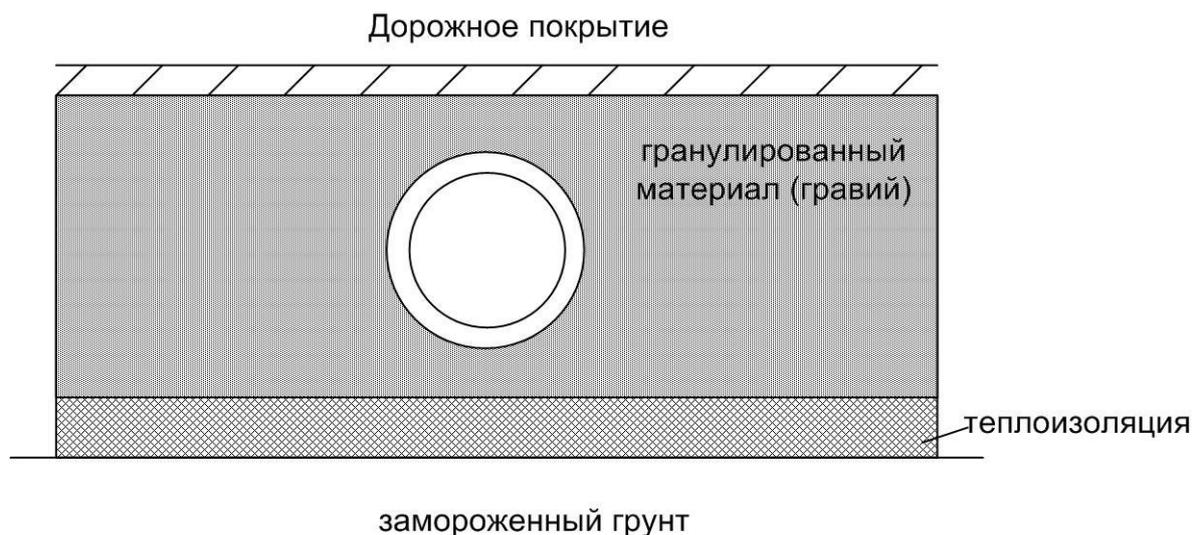


Рис. 3. Схема установки теплоизоляционного материала под водоотводную трубу для предотвращения промерзания грунта

Если водопропускная труба проложена в пучинистом грунте, то трубу полностью теплоизолируется с четырех сторон, в этом случае рекомендуется применять коробообразную конфигурацию изоляции вокруг трубы, но наружные стенки трубы не соприкасается с ней, а обсыпается или песком, или мелким гравием (см. рис. 4).

С технической точки зрения, толщина и тип конфигурации теплоизоляции выбирается исходя из индекса промерзания данной местности, в скандинавских странах этот климатический параметр обозначается буквой F и определяется как сумма средних

дневных отрицательных температур в период их устойчивых значений. Следует помнить, что для некоторых регионов, так называемых «холодных дыр» этот индекс может быть значительно выше, чем приводится в справочниках для данного региона.

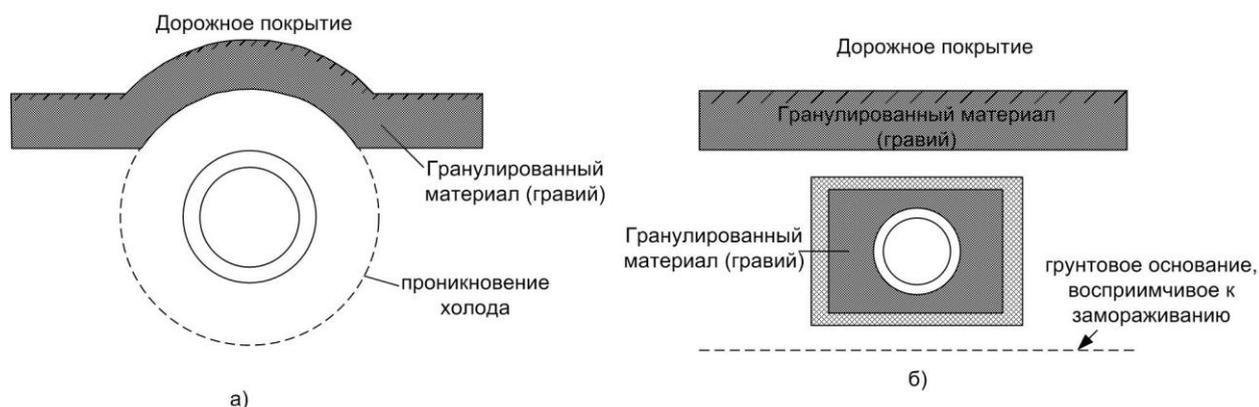


Рис. 4. Варианты теплоизоляции водоотводных труб:
а – в пучинистом грунте; б – укладка трубы в коробе

Теплотехнические расчеты могут быть представлены в виде номограммы (см. рис. 5). Но в любом случае, в основе построения аналогичных графо-аналитических решений лежат теплотехнические расчеты теплопроводности пучинистых грунтов с введением поправочных коэффициентов, полученных в результате длительного экспериментального анализа эксплуатации экструдированных теплоизоляционных материалов.

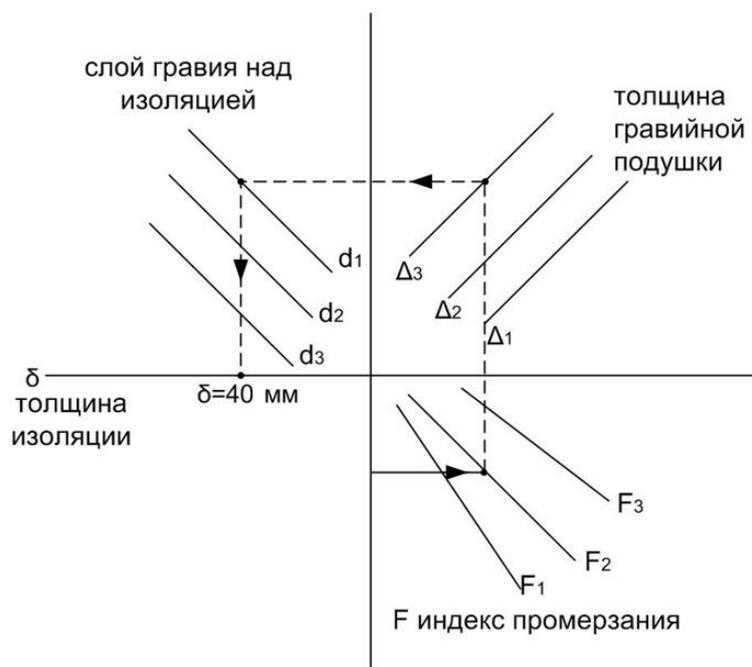


Рис. 5. Номограмма для теплотехнического расчета толщины теплоизоляции

Более точные данные по применению экструдированных теплоизоляционных материалов должны определяться на основе изучения принципов теплопроводности грунтов и анализа тепловых потоков в зоне прокладки водопроводных и

водопроепускных труб, а также водоотводных систем. Трассировка водопроводных, водоотводных и водопроепускных труб в пучинистых грунтах достаточно сложная задача, с которой постоянно сталкиваются проектировщики автомобильных и железных дорог. В каждом конкретном случае необходимо, кроме исследования грунтов и других геологических и гидротехнических изысканий, проводить теплотехнические расчеты, которые позволят обоснованно использовать экструдированные теплоизоляционные материалы для уменьшения глубины траншей, снижения эксплуатационных расходов, а также для предотвращения снижения несущей способности дорожного полотна в период весенних и осенних заморозков.

На рис. 6 в типовой схеме прокладки труб чистых и сточных вод в месте «основания траншеи» можно разместить экструдированный теплоизоляционный материал, который располагается под «постелью» из гравийного материала, а труба, располагается на «подушке» – основании.

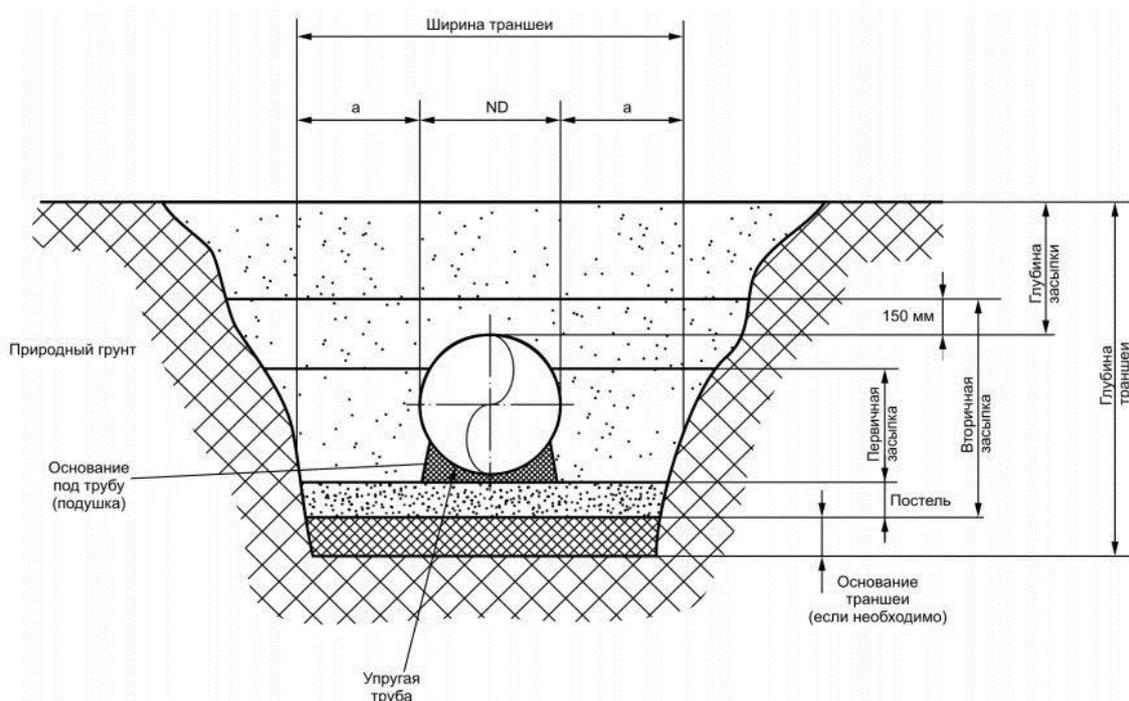


Рис. 6. Типовая схема прокладки труб в пучинистых грунтах

Такая схема трассировки обеспечивает надежную работу трубопроводов из современных металлопластов, препятствует пучению грунта и защищает их от температурных деформаций.

Библиографический список

1. Nurmikolu A., Pauli K. Extruded polystyrene (XPS) foam frost insulation boards in railway structures // Proceedings of the 16th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering (16ICSMGE), Osaka, Japan 2005, 1761-1764
2. ТСН-2001.3-26. Теплоизоляционные работы // Территориальные сметные нормативы для Москвы ТСН-2001. Глава 3. Строительные работы. Сборник 26.
3. EN 826 (1996). Thermal insulation products for building applications. Determination of compression behaviour. European Committee for Standardization. 9 p.
4. EN 13164 (2001). Thermal insulation products for buildings. Factory made products of extruded polystyrene foam (XPS). Specification. European Committee for Standardization. 35 p.

ВЛИЯНИЕ НЕРОВНОСТИ НА РЕЛЬСАХ НА ДВИЖЕНИЕ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА ПО КРИВОЛИНЕЙНОМУ УЧАСТКУ ПУТИ

Коксюк Е.А.¹, Скутин Д.А.²

¹ Свердловская дирекция инфраструктуры – структурное подразделение Центральной дирекции инфраструктуры – филиала ОАО «РЖД» (Екатеринбург)

² Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уральский государственный университет путей сообщения» (Екатеринбург)

С целью определить нагрузки, действующие на путь от подвижного состава при движении поездов по криволинейным участкам пути с различными скоростями движения, был проведен численный эксперимент в программном комплексе «Универсальный механизм» [3].

Во время анализа были выявлены 4 наиболее значимых фактора, влияющих на значение поперечной силы F и определены величины их влияния на значение поперечной силы: h – возвышение наружного рельса в кривой; l – длина переходной кривой; R – радиус круговой кривой; V – скорость движения подвижного состава.

Для оценки значимости каждого из аргументов, оказывающих влияние на значение поперечной силы, было выполнено моделирование с поочередным изменением каждого из интересующих параметров на 20% в сторону снижения и увеличения нагрузки от первоначально принятого значения ($h = 76$ мм, $l = 95$ м, $R = 1000$ м, $V = 100$ км/ч). По результатам моделирования наибольшее влияние оказывают скорость, радиус и возвышение, значение длины переходной кривой оказывает незначительное влияние на величину поперечной силы [4].

При моделировании движения поезда по кривой необходимо учитывать, что в процессе эксплуатации железнодорожного пути возникают неровности, вызывающие резкое увеличение динамических сил взаимодействия пути и подвижного состава.

На дальнейшем этапе исследований производилось моделирование движения подвижного состава по криволинейному участку пути ($h = 76$ мм, $l = 95$ м, $R = 1000$ м, $V = 100$ км/ч) с наличием неровностей.

В ходе исследования было проведено моделирование движения поезда по криволинейному участку пути с различными вариантами расположения единичной неровности. В качестве неровности выбрано горизонтальное смещение участка кривой протяжением 20 м на величину 10 мм (см. рис. 1 и 2).

Моделирование производилось при различном расположении неровности на криволинейном участке, координаты расположения неровностей представлены в табл. 1. Пикетаж начала и конца кривой в рамках моделирования равнялся НПК1 – ПК2+00; КПК1 – ПК2+95; НПК2 – ПК12+47; КПК2 – ПК13+42.

Таблица 1

Расположение неровности в пределах криволинейного участка пути

№ п/п	Амплитуда неровности, мм	Длина неровности, м	Начало неровности, м	Центр неровности	Конец неровности, м
1	10	20	140	150	160
2			190	200	210
3			240	250	260

Продолжение табл. 1

№ п/п	Амплитуда неровности, мм	Длина неровности, м	Начало неровности, м	Центр неровности	Конец неровности, м
4	10	20	290	300	310
5			340	350	360
6			390	400	410
7			1190	1200	1210
8			1240	1250	1260
9			1290	1300	1310
10			1340	1350	1360
11			1390	1400	1410
12			1440	1450	1460

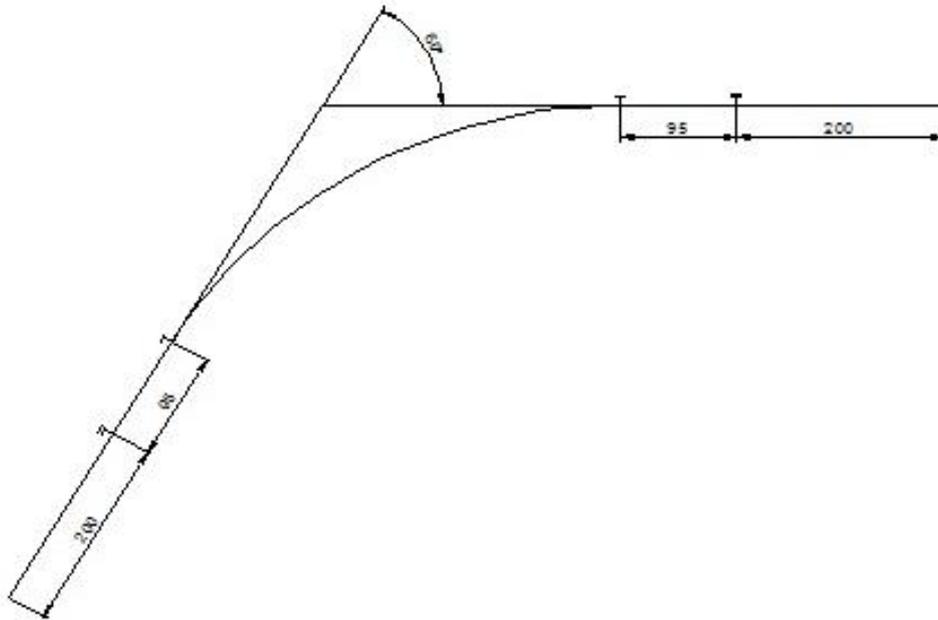


Рис. 1. Модель криволинейного участка моделирования

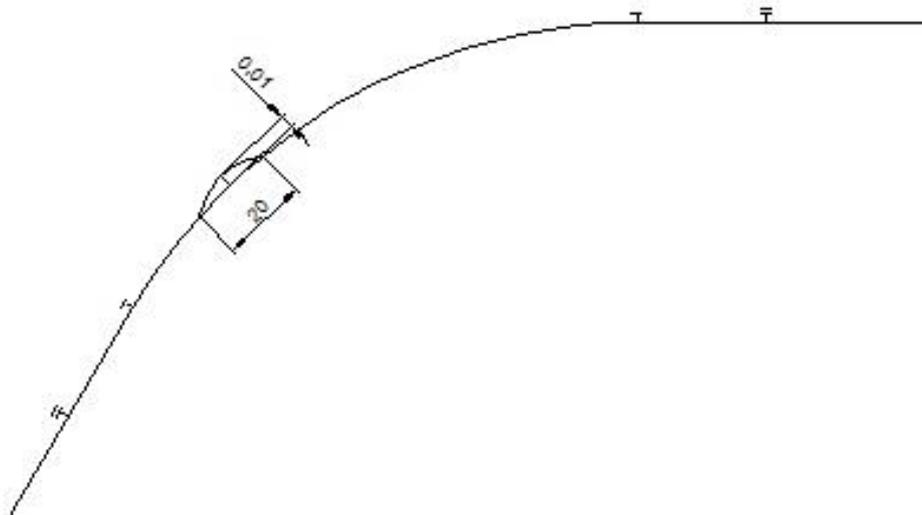


Рис. 2. Модель криволинейного участка моделирования с неровностью, расположенной в пределах круговой кривой

Результаты моделирования представлены на рис. 3-7. За исходный вариант расположения неровности взят участок с неровностью, располагающейся в прямой в 50 м до начала переходной кривой.

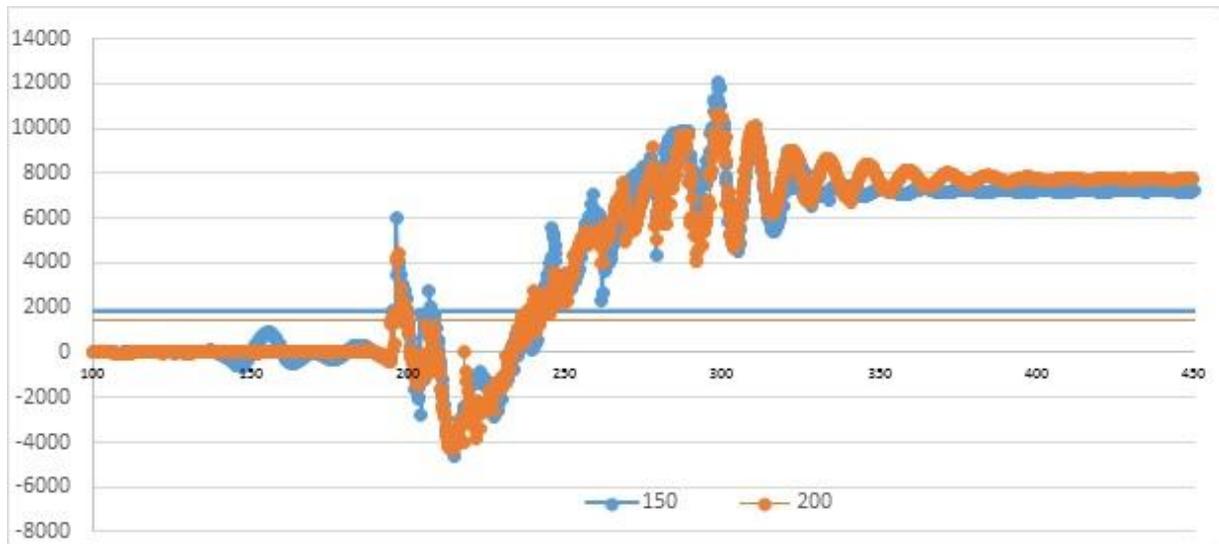


Рис. 3. Значения поперечных сил при расположении неровностей с центром 150 м и 200 м от начала участка моделирования

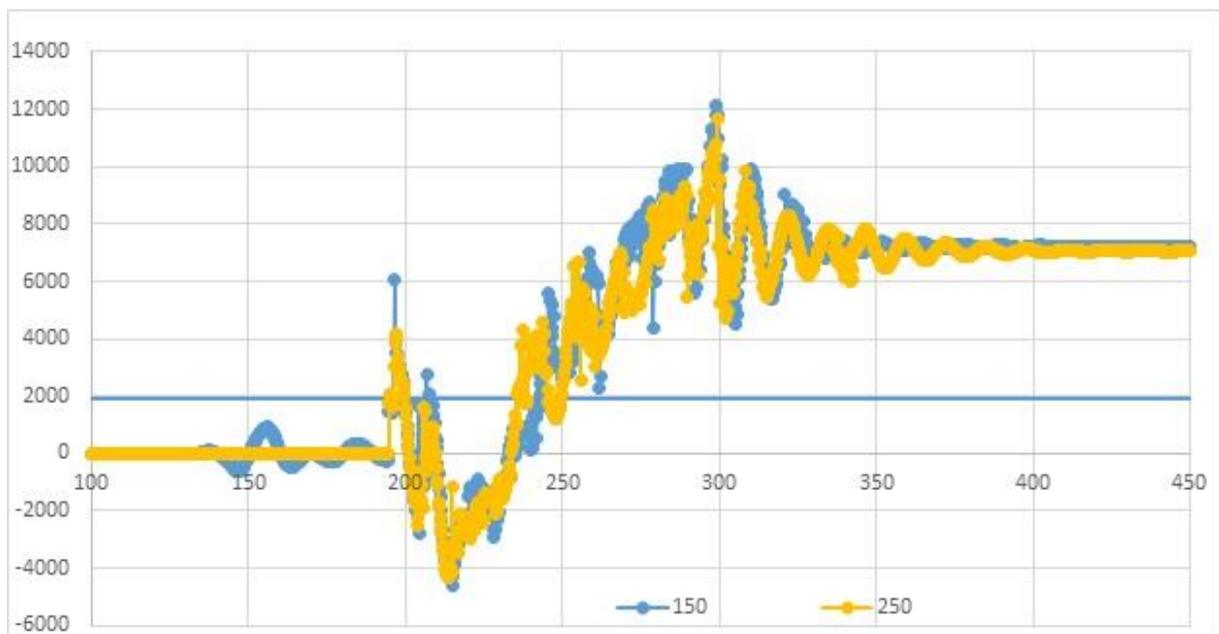


Рис. 4. Значения поперечных сил при расположении неровностей с центром 150 м и 250 м от начала участка моделирования

Результаты моделирования наглядно показывают, что на величину поперечной силы влияет не только наличие неровности на пути, но и место ее расположения: при расположении неровности в пределах переходной кривой приводит к росту поперечных сил на 1000Н, а при расположении неровности в пределах круговой кривой значение поперечной силы возрастает на 1500 и 2000 Н.

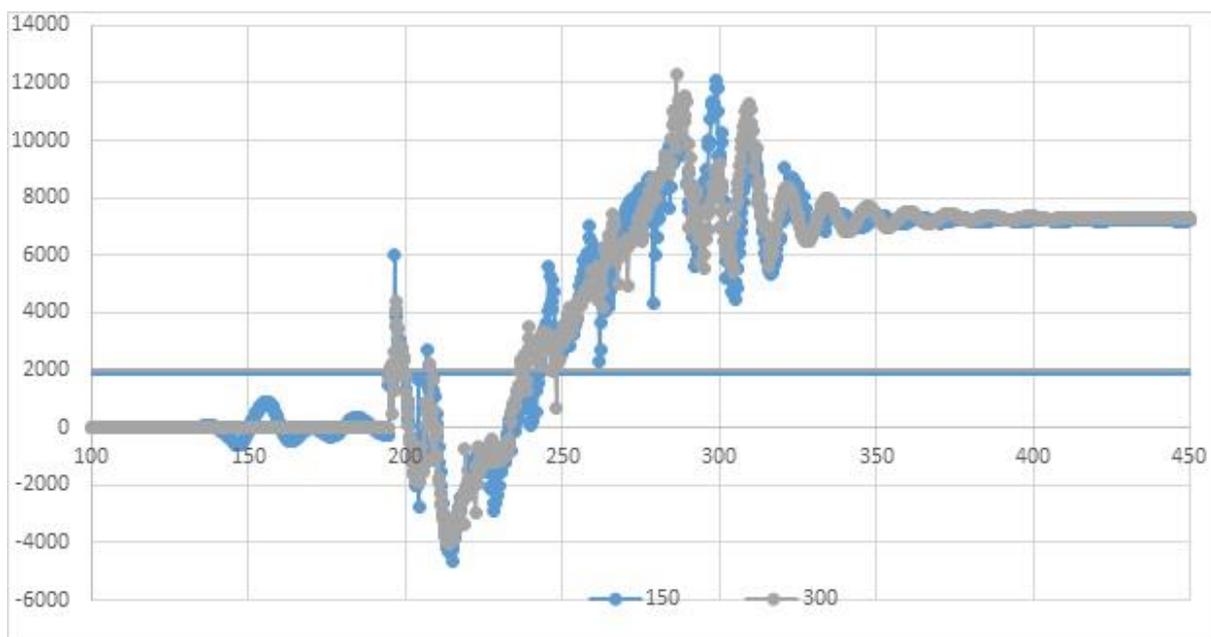


Рис. 5. Значения поперечных сил при расположении неровностей с центром 150 м и 300 м от начала участка моделирования

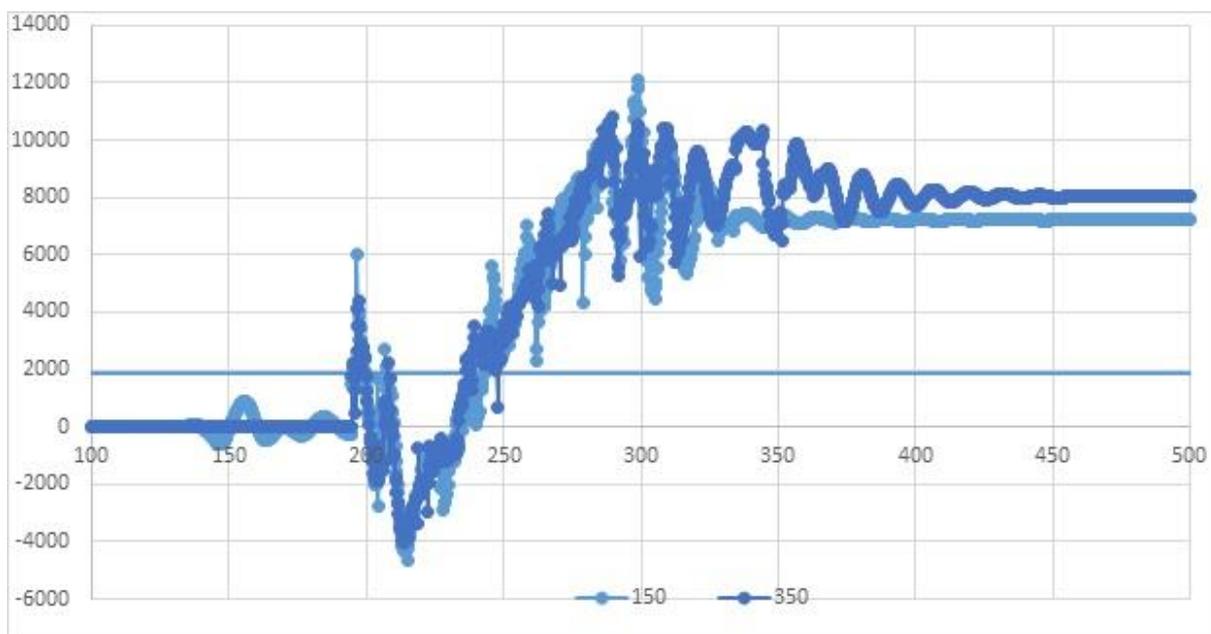


Рис. 6. Значения поперечных сил при расположении неровностей с центром 150 м и 350 м от начала участка моделирования

В ходе дальнейших исследований планируется провести численные испытания с другими величинами неровностей, а также с наличием нескольких последовательных неровностей.

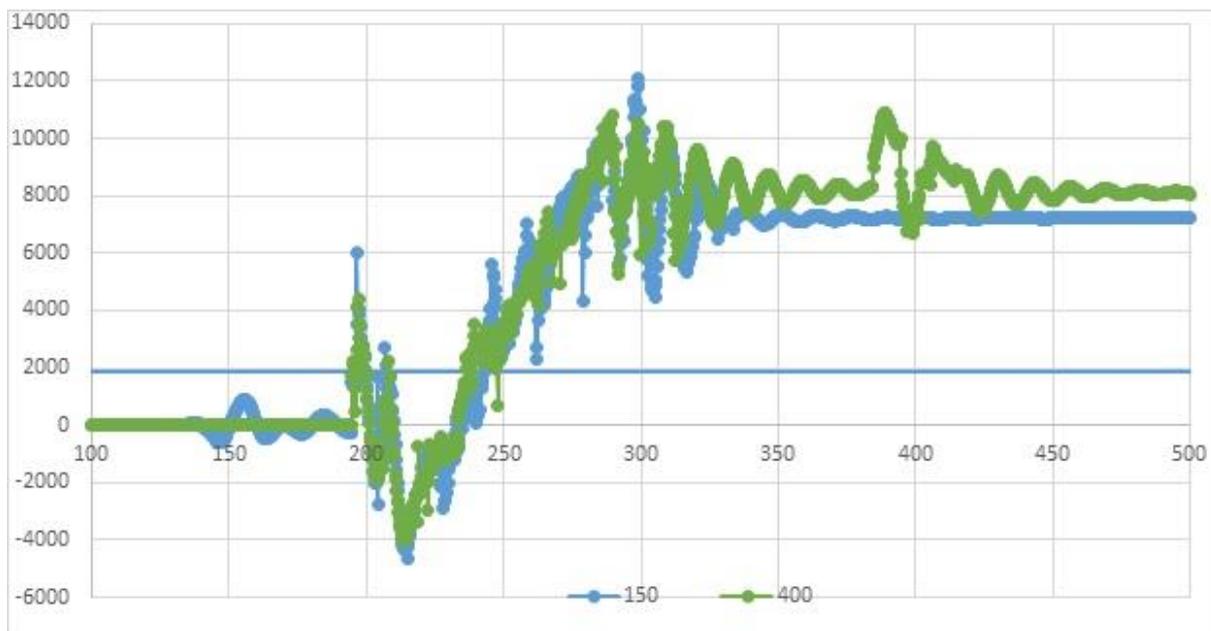


Рис. 7. Значения поперечных сил при расположении неровностей с центром 150 м и 400 м от начала участка моделирования

Библиографический список

1. Методика оценки воздействия подвижного состава на путь по условиям обеспечения его надежности. – М.: ВНИИЖТ, 2000. – 38 с.
2. Аккерман Г.Л., Скутин Д.А. Оценка поперечной устойчивости рельсошпальной решетки в балластной призме с применением геосинтетиков // Проектирование развития региональной сети железных дорог: сб. науч. тр. – Хабаровск: Изд-во ДВГУПС. 2015. – Вып. 3. – С. 8-17.
3. Скутин Д.А. Расчет напряжений в балластной призме, усиленной геосинтетическими материалами // Вестник УрГУПС. – 2015. – №4(28). – С. 141-149.
4. Скутин Д.А. Определение мест возникновения наибольших поперечных сил при движении подвижного состава по кривой // Вестник УрГУПС. – 2017. – №2 (34). – С. 101-110.

УДК 625.1

ОПТИМИЗАЦИЯ ДОСТАВКИ ПУТЕВОГО БАЛЛАСТА НА УЧАСТКИ БАМ

Прищепа Е.И., Шкурников С.В., Морозова О.С., Голубцов В.А.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I» (Санкт-Петербург)

При выполнении ПГУПС методологического сопровождения принятых технологических решений инвестиционных проектов ОАО «РЖД» за 2015...2016 годы по Восточному полигону возник вопрос о доставке материалов верхнего строения пути к местам производства путевых работ, в частности, о доставке щебня для балластировки пути. Всего было рассмотрено более 40 объектов реконструкции станций, строитель-

ства вторых путей и двухпутных вставок, на которых предусмотрено использовать около двух миллионов кубических метров щебня.

На рис. 1 приведена схема распределения потребного объема щебня с указанием дальности его возки по объектам, входящим в инвестиционный проект «Модернизация железнодорожной инфраструктуры Байкало-Амурской и Транссибирской железнодорожных магистралей с развитием пропускных и провозных способностей» (далее по тексту «Проект»), паспорт которого утвержден распоряжением Правительства Российской Федерации от 24 октября 2014 г. №2116-р [1].

Как видно из данных на рис. 1, дальность возки щебеночного балласта находится в диапазоне от десятков километров до более, чем в 4200 километров.

Поставка щебеночного балласта в проектной документации предусмотрена со щебеночных заводов принадлежащих ОАО «Первая нерудная компания», входящей в дочерние и зависимые общества ОАО «РЖД», и заводов других собственников. На рис. 2 приведена схема расположения щебзаводов по трассам Транссиба и БАМа. Следует отметить, что щебеночные заводы ОАО «Первая нерудная компания» поставляют щебень путевой не только для объектов, входящих в Проект, но и для эксплуатационных нужд путевого хозяйства дорог.

Из общего объема щебеночного балласта, необходимого для реализации рассмотренных ПГУПС объектов, расположенных на участке Лена Восточная – Кемен, наибольший объем (31% от общей потребности) предусмотрено доставлять на БАМ из Хребетского щебеночного завода, (станция Миасс), расположенного в Челябинской области.

Участок Лена-Восточная – Кемен, протяженностью 1007 км, включает в себя проекты по строительству вторых путей и двухпутных вставок на 18 перегонах Восточно-Сибирской железной дороги. Суммарная потребность путевого щебня по проектам составляет 837,2 тыс. м³. Для доставки щебня на участок задействованы три щебеночных завода. Большую часть материала (55%) поставляет Хребетский щебеночный завод, средняя дальность возки с которого составляет 3836 километров. Карьер Улан-Макит (дальность возки 385 км) обеспечивает 43% путевого щебня, а карьер Курьян снабжает один перегон – Дельбичинда – Дабан с дальностью возки 589 километров.

Как правило, удаленные источники поставки материалов, принимаются к рассмотрению в качестве дополнительных или резервных источников, поскольку затраты на транспортировку щебеночного балласта высоки. На общую стоимость кубического метра путевого щебня влияет отпускная цена и затраты на перевозку груза в специальном подвижном составе – хоппер-дозаторах от места отгрузки до места временного складирования или места укладки в путь.

Для анализа стоимости щебня по методике, изложенной в ОПДС-2821.2011[2], выполнен расчет стоимости путевого щебня с учетом транспортных затрат на несколько объектов (см. табл. 1). В расчетах использованы данные калькуляций стоимости щебня рассмотренных проектов.

Из полученных в табл. 1 данных, видно, что стоимость щебня по сравнению с отпускной ценой возрастает на отдельных участках более чем в 8 раз, и с учетом транспортировки на расстояние, превышающее предельное, более, чем в 4 раза.

Особенно показательным в этом плане является перегон Улан – Макит – Таксимо. Для строительства двухпутной вставки требуется 28,3 тыс. м³ щебеночного балласта с учетом коэффициента разрыхления. Поставка материала предусмотрена с Хребетского щебеночного завода на расстояние 3979 км. Рядом с участком производства работ на станции Улан – Макит находится карьер Улан – Макит. Дальность транспортировки с этого карьера на рассматриваемый перегон составит всего 22 км.

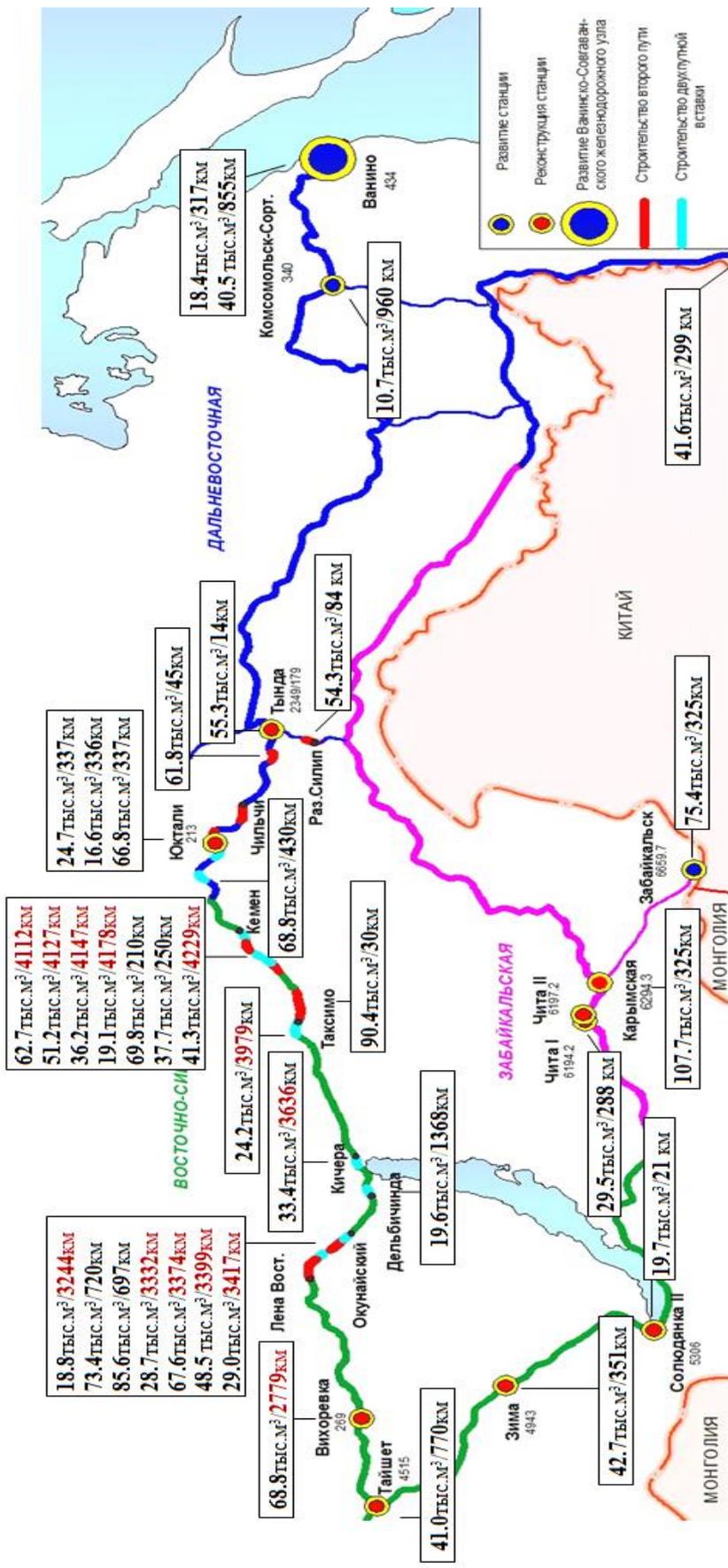


Рис. 1. Распределение объемов щебеночного балласта и дальность возки по рассмотренным ПГУПС участкам Восточного полигона

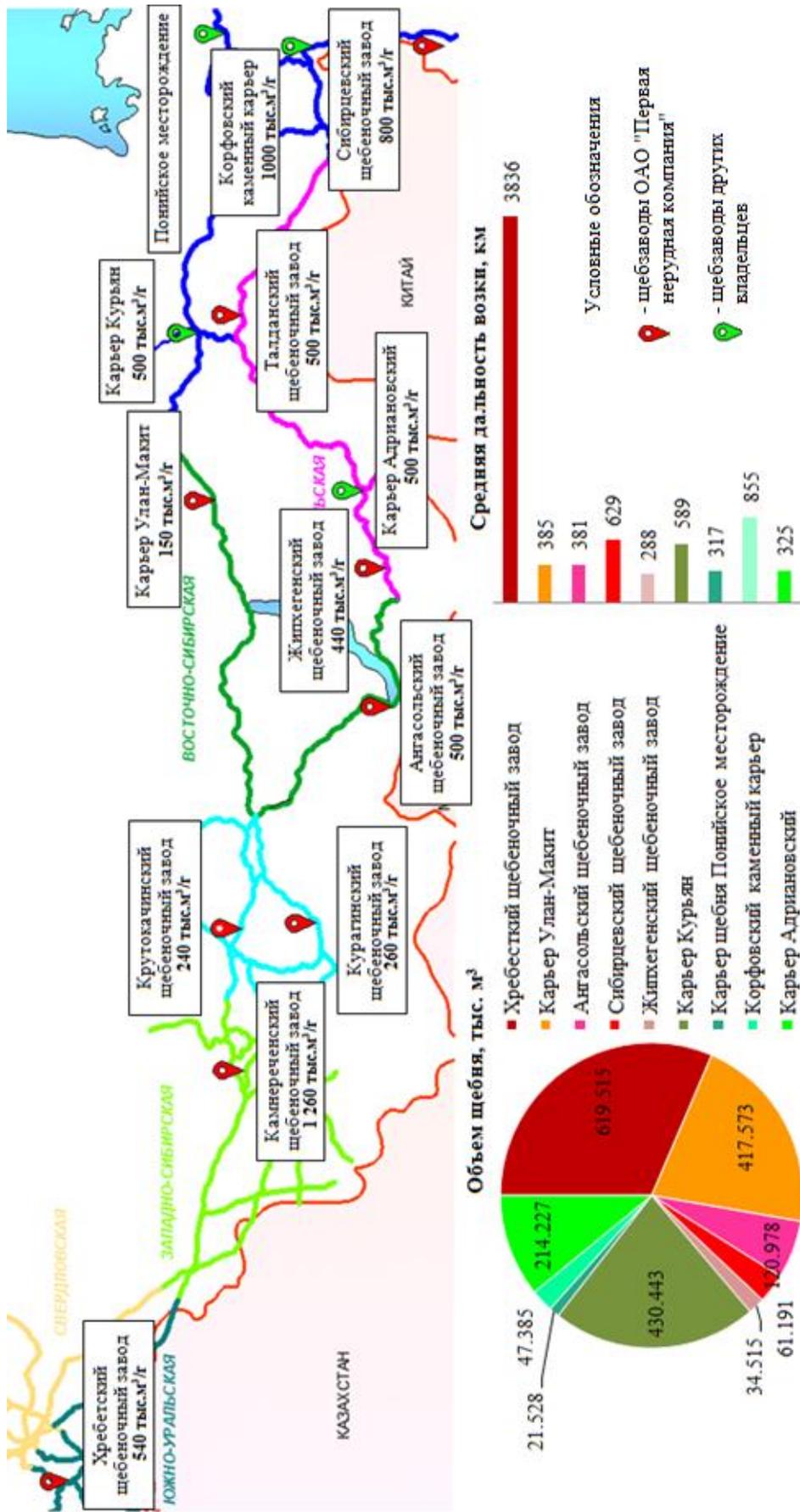


Рис. 2. Схема расположения щебеночных заводов с указанием годовой производительности, объема поставки щебня для объектов Восточного полигона и средней дальности возки

Таблица 1

Определение стоимости потребного щебеночного балласта

Участок проектирования (объект)	Объем щебня, тыс. м ³	Дальность возки щебня, км	Отпускная цена, руб.	Стоимость 1 м ³ путевого щебня в базовых ценах, руб.		Рост стоимости 1 м ³		Стоимость щебня в базовых ценах на объект, тыс. руб.	Стоимость щебня на объект в текущих ценах (K=7,90) млн руб.
				Транспорт на предельное расстояние	Транспорт на расстояние, превышающее предельное	Транспорт на предельное расстояние	Транспорт на расстояние, превышающее предельное		
Лена Вост. – Предленский	22,00	3244	51,8	96,69	354,72	6,85	3,67	7802,33	61,6
Предленский – Чудничный	85,88	720	51,8	118,57	185,34	3,58	1,56	15916,70	125,7
Чудничный – Звездная	100,15	697	51,8	118,57	131,81	2,54	1,11	13201,48	104,3
Ирдыкан – Ния	33,58	3332	51,8	96,69	361,13	6,97	3,73	12126,33	95,8
Небель – Марикта	79,09	3374	51,8	96,69	364,57	7,04	3,77	28834,95	227,8
Бирея – Киренга	56,75	3399	51,8	96,69	366,26	7,07	3,79	20783,31	164,2
Киренга – Окунайский	33,93	3417	51,8	96,69	350,79	6,77	3,63	11902,26	94,0
Дельбичинда – Дабан	22,93	1368	51,8	142,79	191,88	3,70	1,34	4400,12	34,8
Холодный – Кичера	39,08	3636	51,8	96,69	385,90	7,45	3,99	15080,01	119,1
Улан – Макит – Таксимо	28,31	3979	51,8	96,69	412,83	7,97	4,27	11688,76	92,3
Таку – Балбухта	73,36	4112	51,8	96,69	420,60	8,12	4,35	30854,87	243,7
Балбухта – Сюльбан	59,90	4127	51,8	96,69	420,60	8,12	4,35	25195,68	199,0
Сюльбан – Наледный	42,35	4147	51,8	96,69	420,68	8,12	4,35	17817,53	140,8
Кодар – Леприндо	22,35	4178	51,8	96,69	433,27	8,36	4,48	9682,17	76,5
Новая Чара – Кемен	48,32	4229	51,8	96,69	433,35	8,37	4,48	20939,67	165,4

Для определения общей стоимости щебня, необходимого для строительства, использовалась формула:

$$C_{\text{общ}} = 7,9V_{\text{щеб}} (C_{\text{отп}} + 1,72C_{\text{тр}}); \quad (1)$$

где $V_{\text{щеб}}$ – требуемый объем щебеночного балласта для строительства; $C_{\text{отп}}$ – отпускная цена щебня за 1 м³ в ценах 2001 [2]; $C_{\text{тр}}$ – цена за перевозку хоппер – дозаторами 1 т щебня на предельное расстояние в ценах 2001 года согласно сборнику отраслевых сметных цен на перевозку грузов для строительства [3]; 1,72 – коэффициент перехода от 1 т к 1 м³; 7,9 – коэффициент перехода к уровню цен за IV квартал 2016 г.

Стоимость потребного щебеночного балласта для строительства двухпутной вставки в случае его транспортировки из карьера Улан-Макит составит 12,5 млн рублей, что в 7,4 раза или почти на 80 млн руб. меньше стоимости транспортировки из Хребетского щебеночного завода (см. табл. 1).

Прямые потери от использования неоптимальной схемы доставки путевого щебня из удаленных карьеров значительны. Но кроме того ОАО «РЖД» имеет потери от недоставки грузов по Транссибу из-за занятости путей и подвижного состава перевозкой материалов от станции Миасс до станции Тайшет – 2510 км. Потребность подвижного состава определялась при условии полного использования предельной загрузки грузового поезда и существующей участковой скорости для участков БАМа, на которые предусмотрена доставка щебня с Хребетского щебзавода. Участковые скорости движения и масса поездов приняты по данным Паспорта проекта «Модернизация железнодорожной инфраструктуры Байкало-Амурской и Транссибирской железнодорожных магистралей с развитием пропускных и провозных способностей» [1]. При расчете время на простой специального состава из хоппер-дозаторов ВПМ-770 для погрузки и разгрузки условно принято двое суток. Согласно расчетам, большая часть расстояния между щебзаводом и местом назначения приходится на участок Миасс – Тайшет протяженностью 2510 км, то есть на перегруженный участок Транссиба. Время нахождения состава в пути по участку Миасс – Тайшет туда и обратно составляет 4,2 суток и одни сутки на простой под погрузкой. Общее время нахождения специального состава по перевозке щебня на путях ОАО «РЖД» – от 8 до 10 суток.

Общее время, необходимое на доставку потребного по проектной документации количества балласта, от щебзавода «Хребетский» до узловой станции Тайшет, холостой пробег к щебзаводу и погрузку составляет более 1150 суток, то есть это время Транссиб будет перевозить щебень для себя.

На рис. 3 представлена схема оборота поездов по отдельным участкам БАМа. Для сравнения даны расположенные рядом участки производства работ, предусмотренные проектной документацией, представленной для методологического сопровождения принятых технологических решений инвестиционных проектов ОАО «РЖД» за 2015-2016 годы по Восточному полигону, доставка щебня на которые осуществляется с разных щебзаводов.

Из приведенной схемы видно, что потеря времени на пробег туда и обратно одного поезда на перегон Улан-Макит – Таксимо с Хребетского щебзавода составит 9,6 суток, по сравнению с доставкой инертного материала из близлежащего карьера на станции Улан-Макит.

На один километр строительной длины второго пути или двухпутной вставки требуется около трех тысяч кубических метров щебня. Учитывая объемы путевых работ, необходимых для завершения строительства на объектах, входящих в Проект, необходимо оптимизировать доставку инертных строительных материалов и, в первую очередь, щебня для балластировки железнодорожного пути.

Следует отметить, что в проектах, представленных ПГУПС для методологического сопровождения принятия технологических решений инвестиционных проектов ОАО «РЖД» за 2015-2016 годы по Восточному полигону появились щебеночные заводы, не являющиеся дочерними предприятиями ОАО «РЖД». Это привело к уменьшению затрат на балластировку железнодорожного пути. Но осталась значительная часть проектов, в которых дальность возки материалов превышает 3000 км.

Для выполнения задачи оптимизации путей доставки щебня, с целью уменьшения его стоимости необходимо:

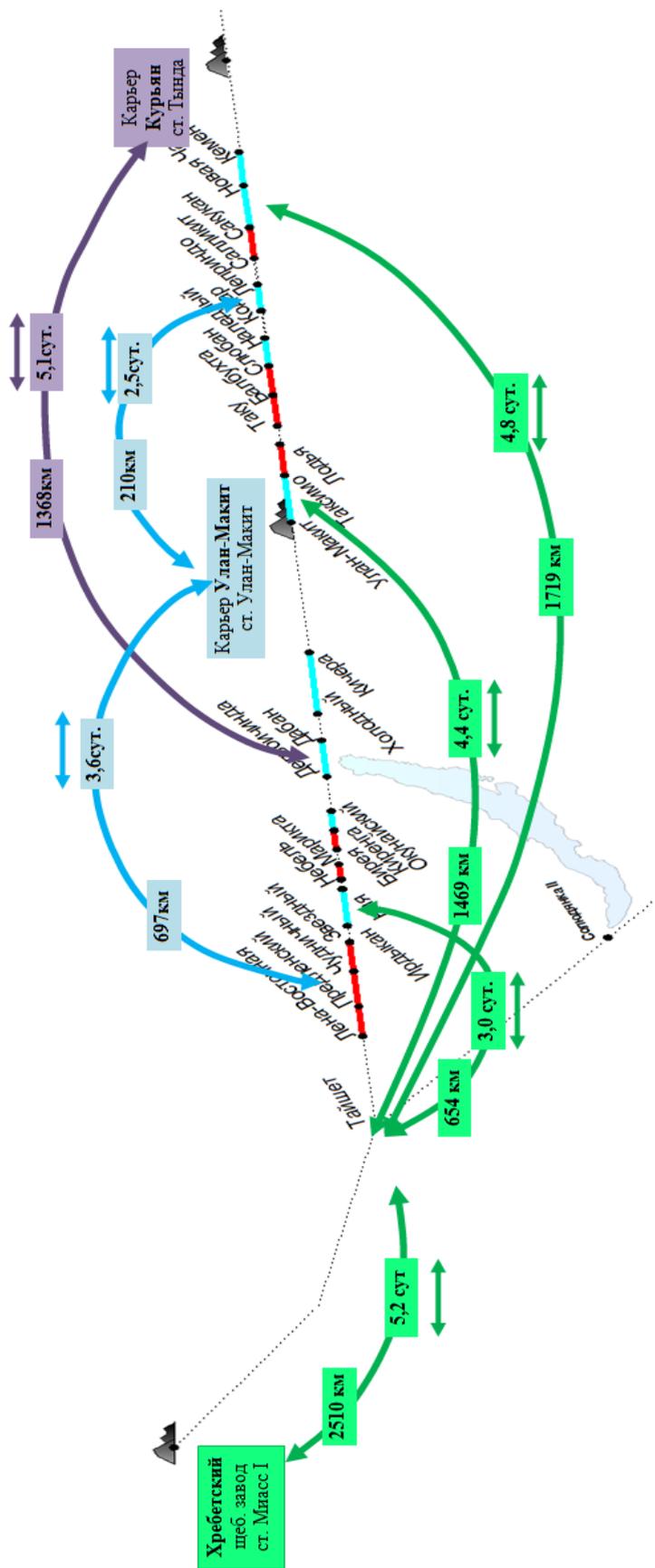


Рис. 3. Схема оборота одной единицы подвижного состава при транспортировке щебня от щебеночного завода к месту назначения*

* Время в сутках указано туда и обратно, с учетом одних суток на погрузку на щебзаводе и одних суток на разгрузку на месте складирования балластного материала или месте работ

- минимизировать в проекте каждого объекта при расчете стоимости доставки потери от перевозки материалов на расстояния, превышающие предельные;
- исключить занятие путей Транссиба подвижным составом, перевозящим собственные грузы ОАО «РЖД» и приводящие к потерям от непредставления дополнительных услуг для перевозки грузов потребителей;
- исключить потери связанные с перепробегом специального подвижного состава по путям ОАО «РЖД».

Библиографический список

1. ОПДС-2821.2011. Порядок определения стоимости строительства объектов инфраструктуры железнодорожного транспорта и других объектов ОАО «РЖД» с применением отраслевой сметно-нормативной базы ОСНБЖ-2001: утв. распоряжением ОАО «РЖД» от 14 мая 2015 г. № 1220р. – М., 2015. – 62 с.
2. ОССПЖ 81-01-2001. Отраслевые сметные цены на перевозку грузов для строительства. – М., 2011. – 176 с .
3. Паспорт инвестиционного проекта «Модернизация железнодорожной инфраструктуры Байкало-Амурской и Транссибирской железнодорожных магистралей с развитием пропускных и провозных способностей»: утв. распоряжением Правительства Российской Федерации от 24 октября 2014 г. № 2116-р.

УДК 625.1

УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКИМ СОСТОЯНИЕМ СЕТИ СУЩЕСТВУЮЩИХ И НОВЫХ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ НА ПРЕДПРОЕКТНОЙ СТАДИИ

Бобарыкин П.В., Немченко Т.М.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I» (Санкт-Петербург)

В настоящее время разработано множество решений, позволяющих оптимально распределять грузопотоки по существующей сети железных дорог с учетом поэтапного развития отдельных звеньев сети, учитывающих перспективы роста перевозок [1]. За критерий оптимальности принимаются различные показатели. Как правило это экономические интегрированные показатели, учитывающие как капитальные затраты, так и эксплуатационные расходы.

Любое решение, основанное на вероятностных исходных данных может потерять оптимальность при значительных изменениях исходных параметров. Одним из таких основных исходных параметров и является планируемый объем перевозок по направлениям и на перспективу 15-30 лет.

Величина планируемого объема перевозок существенно влияет на выбор полигона исследований, границы которого имеют существенное влияние на принятие проектных решений. С одной стороны избыточный ареал рассматриваемой сети может привести к размыванию отдельных выходных характеристик и, соответственно, снижению детализации при назначении вариантов проектных решений. С другой стороны, уменьшение область исследования приводит к возможной потере отдельных вариантов развития сети и, как следствие, принятию неоптимального проектного решения по выбранным параметрам [2, 3].

Сам по себе предполагаемый грузооборот не является характеристикой напрямую оказывающей влияние на выбор, как региона исследования, так и на определение приоритетных схем усиления сети.

Таким образом, необходимо иметь такие характеристики существующих и новых участков сети, которые бы не зависели от планируемого грузооборота и были интуитивно понятны без специальных достаточно трудоемких расчетов.

Таким параметром (или характеристикой) могла бы служить зависимость экономической эффективности отдельных участков сети от объема перевозок или коэффициент, отражающий отношение эффективности текущего состояния участка к оптимальному (определяемому в интервале максимально возможного и безубыточного для данного технического состояния грузооборота).

Определение данных показателей производится следующим образом. Для каждого участка сети определяется два состояния:

1. Объем перевозок, при котором обеспечивается эффективная и экономически устойчивая работа участка (безубыточная работа). Объем перевозок определяется отдельно для каждого технического состояния участка.

2. Объем перевозок, который определяется на основе известной методики осуществления экономически целесообразной схемы овладения перевозками (то есть такого объема перевозок, при котором обеспечивается наибольшая экономическая эффективность за установленный интервал времени).

В данном случае возможен статический и динамический подход к определению искомых параметров.

Статический подход подразумевает рассмотрение только текущего состояния участков, без учета перспективы изменения технического состояния участков. Данный подход используется для перераспределения грузопотоков внутри сети при его незначительном увеличении со временем.

Динамический подход подразумевает определение параметров с учетом изменения технического состояния участков, при значительном изменении грузопотока во времени.

Использование сочетания статических и динамических параметров для отдельных участков сети, в зависимости от предполагаемой загрузки, должен дать наиболее достоверный результат.

Определив оптимальные размеры движения для каждого участка, можно перейти к расчетам экономической эффективности усиления мощности каждого из них и определить приблизительную величину эффективности при увеличении или снижении мощности на единицу грузопотока. Это позволяет на предпроектной стадии определять экономическую эффективность мероприятий на каждом участке [2, 3]. Учитывая, что все вероятностные показатели (норма дисконта, стоимость материалов, эксплуатационные показатели) по участкам будут одинаковыми, можно говорить о высокой степени достоверности полученных результатов не по абсолютной величине, а в сравнении вариантов между собой. Таким образом, на предпроектной стадии с высокой степенью достоверности можно подобрать варианты усиления мощности для различных сценариев развития событий. Данные показатели могут так же использоваться при эксплуатации железных дорог для перераспределения грузопотока в случае возникновения внештатных ситуаций, временного повышения или снижения грузопотока.

Расчеты экономической эффективности позволяют поострить зависимости во времени различных показателей [4] (ЧДД, ИД, и др.). Расчет коэффициентов для каждого года производится с использованием нижней и верхней границ и реального состояния. Коэффициент будет находиться в пределах от 0 до 1. При этом, чем ближе коэф-

коэффициент будет находиться к 1, тем более эффективным будет текущее состояние. Так же можно определить весомость каждого коэффициента, получаемого как разность верхней и нижней границ.

Таким образом, можно достаточно приблизительно распределить проектируемые объемы перевозок и определить получаемый при этом экономический эффект с учетом ограничений, заложенных при определении верхней и нижней границы. Можно дополнительно учитывать и участки новых проектируемых путей.

Библиографический список

1. Стратегия развития железнодорожного транспорта в Российской Федерации до 2030 г. – М., 2007.
2. Роль предпроектных проработок транспортной составляющей в инвестиционном проекте промышленного предприятия (на примере железнодорожного транспорта) / Е.С. Свинцов, П.В. Бобарькин, О.Б. Суровцева, Т.М. Немченко // Транспорт-2009: Материалы всероссийской науч.-практич. конф., посвященной 80-летию РГУПС. – Ростов-на-Дону, 2009.
3. Технология проектирования железнодорожных путей необщего пользования в современных условиях / Е.С. Свинцов, Т.М. Немченко // Путь и путевое хозяйство. – 2009. – № 9. – С. 38-39.
4. Определение сопутствующих затрат при строительстве новых железнодорожных путей необщего пользования / Е.С. Свинцов, П.В. Бобарькин, Т.М. Немченко, О.Б. Суровцева // Известия Петербургского университета путей сообщения. – СПб: ПГУПС, 2008. – Вып. 4 (17). – С. 85-87.

УДК 338.47

УЧЕТ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ СЕРТИФИКАЦИИ ТРАНСПОРТНЫХ УСЛУГ

Казанская Л.Ф., Фролова Д.С.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I» (Санкт-Петербург)

В настоящее время у руководителей большинства транспортных организаций есть понимание, что процесс сертификации систем качества открывает для фирмы новые экономические горизонты за счёт расширения рынков сбыта, более детального удовлетворения запросов [1]. Это связано с тем, что потребители всё больше переориентируются на организации, которые имеют сертификаты качества [2].

Сертификация – процесс, осуществляемый органом по сертификации (является третьей стороной) на предмет подтверждения соответствия объектов требованиям различных технических регламентов и НТД, а также положениям стандартов

Объектами сертификации являются: продукция или услуги, система качества компании и его сотрудники, а также непосредственно сами рабочие места.

Оценка соответствия – определение того насколько соблюдаются, предъявляемые к объекту требования.

Подтверждение соответствия – документально подтвержденное соответствие объектов сертификации (в т.ч. непосредственно процесс производства, последующая его эксплуатация, а также совершение транспортно - логистических операций) требо-

ваниям различных технических регламентов и научно-технической документации, а также положениям стандартов. Подтверждение соответствия в разных ситуациях выполняется как на добровольной основе (добровольная сертификация), так и в обязательном порядке (принимается декларация соответствия).

В соответствии с Законом РФ «О сертификации продукции и услуг» расходы на работы по обязательной сертификации и аккредитации берёт на себя предприятие или физическое лицо, вне зависимости от результата (положительного или отрицательного) [3]. При проведении добровольной сертификации порядок уплаты устанавливается непосредственно органом по добровольной сертификации.

В процессе обязательной сертификации продукции или услуги выполняется ряд мероприятий, которые подлежат оплате. Среди основных следует выделить:

- работы, выполняемые непосредственно органом сертификации. (как правило, к таким относят экспертизу документации, оформление сертификата соответствия);
- исследования и испытания образцов продукции;
- сертификация систем качества или различных систем производств, если такие предусмотрены схемой сертификации продукции;
- инспекция, контроль, и аудит соответствия сертифицированной продукции или услуг требованиям нормативно - технической документации;
- лицензирование и выдача лицензии на применение знака соответствия.

Суммарные затраты на сертификацию продукции или услуги определяются следующим образом

$$C = C_{oc} + C_{об} + C_{ик} + C_{ск} + \sum_{j=1}^m C_{иск j} + T_{рс}, \quad (1)$$

где C_{oc} – стоимость услуг органов сертификации; $C_{об}$ – стоимость исследования и испытаний образцов, взятых у изготовителя; $C_{ик}$ – стоимость инспекции, контроля и аудита на соответствие сертифицированной в обязательном порядке продукции (услуги) требованиям нормативно – технической документации; $C_{ск}$ – стоимость сертификации систем качества; $C_{иск j}$ – стоимость одной проверки в рамках инспекции и контроля за на соответствие сертифицированной системы качества требованиям нормативно – технической документации; m – число осуществляемых проверок; $T_{рс}$ – расходы по отбору образцов, выполнению транспорто – логистических операций.

Для расчета стоимости сертификации учитываются только те элементы затрат, которые соответствуют фактически проведенным работам [4].

В процессе исследования финансовой деятельности транспортной организации по определенному проекту или программе, необходимо учитывать, как частные составляющие, так и целостную картину. Каждая составляющая индивидуально реагирует на вариативность сроков и масштабов [5]. Направления анализа влияния проектных предложений на показатели финансовой отчётности показаны на рис. 1.

На практике в качестве оценочных показателей влияния проектных мероприятий на показатели финансовой деятельности выделяют следующие:

- доходность продаж;
- оборачиваемость активов;
- фондоотдача;
- производительность труда;
- рентабельность активов;
- рентабельность собственного капитала;
- рентабельность основных производственных фондов.



Рис. 1. Направления анализа влияния проектных предложений на показатели финансовой отчётности

Разработка концепции проекта, в финансовом плане, требует не самых больших объемов затрат, но распределение затрат на данном этапе формирует проект в целом, поскольку именно здесь закладываются основные ориентиры для производства, которые и будут определять направление проекта, что крайне важно, поскольку несоответствие продукции и услуг требованиям рынка, означает дальнейшую не востребованность и убыточность.

Библиографический список

1. Казанская Л.Ф., Богомолова А.В. Повышение эффективности грузовых перевозок на фоне роста конкуренции // Экономика железных дорог. – 2013. – № 1 – С. 12-21.
2. Казанская Л.Ф., Черепанова Д.А. Совершенствование системы средств измерений при оценке качества транспортного обслуживания // Управление экономическими системами: электронный научный журнал. – 2017. – № 5 (99). – С. 6-15.
3. Закон РФ от 10 июня 1993 г. № 5151-1 «О сертификации продукции и услуг».
4. Леонов О.А. Экономика качества стандартизации и сертификации: учебник. – М.: Инфра-М, 2014. – 251 с.
5. Казанская Л.Ф. Роль экономики качества в инновационном развитии транспортной организации // Экономика железных дорог. – 2017. – № 1. – С. 33-40.

К ВОПРОСУ УЧЁТА ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ПУТЕПРОВОДНЫХ РАЗВЯЗОК

Филиппов А.Г.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I» (Санкт-Петербург)

1. Условие целесообразности проектирования развязок маршрутов с учетом последующих этапов развития

К настоящему времени отечественными учеными исследованы вопросы обоснования этапности развития участковых, сортировочных, пассажирских технических и пограничных передаточных станций, обходов железнодорожных узлов, парков и горловин технических станций [1-6]. Но при рассмотрении этапности и учета перспективы развития при проектировании станций не уделялось внимание тому, является ли станция узловой или нет. В первом случае возникает необходимость комплексного анализа этапности развития системы «станция + развязка». В статье рассмотрены некоторые аспекты и примеры учета перспективы развития подсистемы «развязка» системы «станция + развязка».

Необходимость переустройства развязок, в том числе путепроводных, могут вызывать:

- примыкание новых подходов;
- увеличение размеров движения на примыкающих к железнодорожному узлу или станции подходах;
- электрификация линии;
- необходимость снижения задержек подвижного состава из-за враждебности маршрутов.

При проектировании развязок необходимо учитывать два противоречивых требования к проектам их переустройства, направленных на обеспечение экономичности проектного решения.

Первым из этих требований является максимальное сохранение существующих устройств, а *вторым* – исключение излишеств и неоправданных резервов мощности устройств.

Первое требование выполнимо при соблюдении следующих условий:

- бронирование достаточной территории для перспективного развития путепроводной развязки;
- размещение капитальных сооружений с учётом отдаленной перспективы;
- применение конструкций путепроводных развязок, позволяющих наращивать число путей и путепроводов в развязках практически с полным сохранением местоположения ранее уложенных путей, соединений и стрелочных переводов.

Применительно к путепроводным развязкам первое требование означает, что конструкции развязок должны быть открыты для дальнейшего развития таким образом, чтобы при увеличении числа путей и путепроводов обеспечивать максимально возможное сохранение положения существующих путей, соединений и стрелочных переводов, уложенных на предыдущих этапах развития.

Выполнение второго требования к проектам переустройства – отсутствия излишеств и неоправданных резервов, означает проектирование путепроводных развязок

максимально компактными на каждом этапе развития. Однако на последующих этапах это, как правило, потребует разборки части путей, соединений и стрелочных переводов и укладки других на новом месте, то есть появятся «бросовые» работы и затраты. Это может привести к искажению объективно существующей оптимальной этапности развития путепроводной развязки и отдалению срока ввода очередного этапа из-за неоправданного увеличения потребных капитальных вложений.

При известной перспективе развития целесообразность принятия того или иного варианта решения по путепроводным развязкам может быть установлена следующим образом. Рассматриваются два варианта проектного решения, в первом из которых путепроводные развязки на i -ом этапе проектируются с учётом перспективы развития, что вызывает некоторое увеличение начальных затрат K_i^{Π} , которые, как правило, больше, чем при обеспечении наименьших затрат на текущем этапе K_i^{Γ} . Однако потребные затраты для перехода к j -му этапу $\Delta\mathcal{E}_{i \rightarrow j}^{\Pi}$ оказываются меньшими, чем во втором варианте ($\Delta\mathcal{E}_{i \rightarrow j}^{\Pi} \leq \Delta\mathcal{E}_{i \rightarrow j}^{\Gamma}$). Во втором варианте при переходе к j -му этапу потребуются затраты $\Delta\mathcal{E}_{i \rightarrow j}^{\Gamma}$, включающие «бросовые» работы и потери от предоставления «окон» на разборку отдельных отрезков путей, стрелочных переводов и укладку их на новом месте, реконструкцию путепровода. Предусматривается, что состояние путепроводных развязок после реализации j -го этапа одинаково в обоих вариантах.

Если срок эксплуатации путепроводной развязки на i -ом этапе развития равен t_i , то целесообразность учёта перспективы и принятия первого варианта, исключая «бросовые» работы, определяется с учётом дисконтирования затрат из условия:

$$K_i^{\Pi} + \sum_{t=1}^{t_j} C_i^{\Pi} \alpha_t + \Delta\mathcal{E}_{i \rightarrow j}^{\Pi} \alpha_{t_j} \leq K_i^{\Gamma} + \sum_{t=1}^{t_j} C_i^{\Gamma} \alpha_t + \Delta\mathcal{E}_{i \rightarrow j}^{\Gamma} \alpha_{t_j}, \quad (1)$$

где C_i^{Π}, C_i^{Γ} – годовые эксплуатационные расходы по содержанию путей, путепроводов и стрелочных переводов путепроводной развязки в первом и втором вариантах решения; α_t – коэффициент дисконтирования затрат. При постоянной норме дисконта

$$\alpha_t = \frac{1}{(1+E)^t},$$

где E – норма дисконта для года t .

Решая неравенство (1) относительно t_i , можно получить его предельную величину, при которой целесообразно в ходе реализации текущего этапа принимать конструкцию путепроводной развязки с учётом следующего этапа. Из выражения (1) следует, что в зависимости от продолжительности эксплуатации путепроводной развязки на i -ом этапе развития может оказаться целесообразным как одно, так и другое проектное решение. Если переустройство путепроводных развязок производится редко, в силу низкого темпа роста размеров движения, предпочтительным оказывается, как правило, второй вариант, при котором развязки проектируются исходя главным образом из минимума затрат на данном этапе, а условия дальнейшего развития учитываются по мере возможности. Такой вариант преобладает в практике проектирования, поэтому при анализе проектных решений мы имеем дело, как правило, с компактными завершёнными конструкциями путепроводных развязок на каждом этапе их развития. При частом переустройстве путепроводных развязок, которое будет необходимо при высоком темпе примыкания новых подходов или роста размеров движения, выгодным, как правило, становится первый вариант стратегии развития путепроводных развязок, при котором

будут практически отсутствовать «бросовые» работы, хотя на отдельных этапах развития путепроводных развязок возможны большие капиталовложения для создания условий беспрепятственного развития в перспективе. Отсутствие однозначного решения вопроса лишний раз свидетельствует о необходимости тщательных инженерных проработок в каждом конкретном случае.

В связи с тем, что число путей, путепроводов и стрелочных переводов в путепроводных развязках на каждом этапе развития в обоих вариантах решения будет одинаково, то затраты на содержание постоянных устройств горловин парка (элементы формулы (1) со знаком Σ) будут отличаться весьма незначительно и этой разницей можно пренебречь. Тогда величина срока ввода j -го этапа, при котором варианты будут равноценны, может быть определён из равенства:

$$K_i^{\Pi} + \frac{\Delta \mathcal{E}_{i \rightarrow j}^{\Pi}}{(1+E)^{t_j}} = K_i^{\Gamma} + \frac{\Delta \mathcal{E}_{i \rightarrow j}^{\Gamma}}{(1+E)^{t_j}}; \quad (2)$$

$$K_i^{\Pi} - K_i^{\Gamma} = \frac{\Delta \mathcal{E}_{i \rightarrow j}^{\Gamma} - \Delta \mathcal{E}_{i \rightarrow j}^{\Pi}}{(1+E)^{t_j}}; \quad (3)$$

$$(1+E)^{t_j} = \frac{\Delta \mathcal{E}_{i \rightarrow j}^{\Gamma} - \Delta \mathcal{E}_{i \rightarrow j}^{\Pi}}{K_i^{\Pi} - K_i^{\Gamma}}. \quad (4)$$

Прологарифмировав равенство (4), получим

$$t_j \cdot \lg(1+E) = \lg \frac{\Delta \mathcal{E}_{i \rightarrow j}^{\Gamma} - \Delta \mathcal{E}_{i \rightarrow j}^{\Pi}}{K_i^{\Pi} - K_i^{\Gamma}}; \quad (5)$$

Откуда

$$t_j = \frac{\lg \frac{\Delta \mathcal{E}_{i \rightarrow j}^{\Gamma} - \Delta \mathcal{E}_{i \rightarrow j}^{\Pi}}{K_i^{\Pi} - K_i^{\Gamma}}}{\lg(1+E)}. \quad (6)$$

Если укладка дополнительных путей, путепроводов, то есть реализация j -того этапа, потребует раньше срока t_j , то более выгодным будет первый вариант проектного решения, а если позже – второй вариант, в котором путепроводные развязки будут запроектированы максимально компактными с учётом последующего развития по мере возможности.

Таким образом, в зависимости от срока реализации второго этапа целесообразным может оказаться как первый, так и второй вариант решения.

2. Пример определения целесообразности проектирования путепроводной развязки с учётом последующих этапов

Определение условия целесообразности проектирования путепроводной развязки с учётом последующих этапов развития в настоящей статье рассмотрено на примере путепроводной развязки по роду движения. Её развитие происходит в два этапа: на первом этапе имеется только развязка по двухпутным линиям A и B на подходе к основной станции, при которой сооружается однопутный путепровод; на втором этапе в связи со строительством сортировочной станции возникает необходимость развития имеющейся развязки в развязку по роду движения. Все пути развязки электрифицированы на постоянном токе.

Возможны две стратегии развития развязки: 1) проектирование развязки с учётом дальнейшей перспективы развития; 2) проектирование развязки максимально компактной на каждом этапе. В случае выбора второй стратегии развития путь отправления нечётных поездов с основной станции на *B* проектируется прямым вплоть до поворота перед путепроводом на *B*. При таком решении на втором этапе возникает необходимость разборки части этого пути и дальнейшее его переустройство (см. рис. 1).

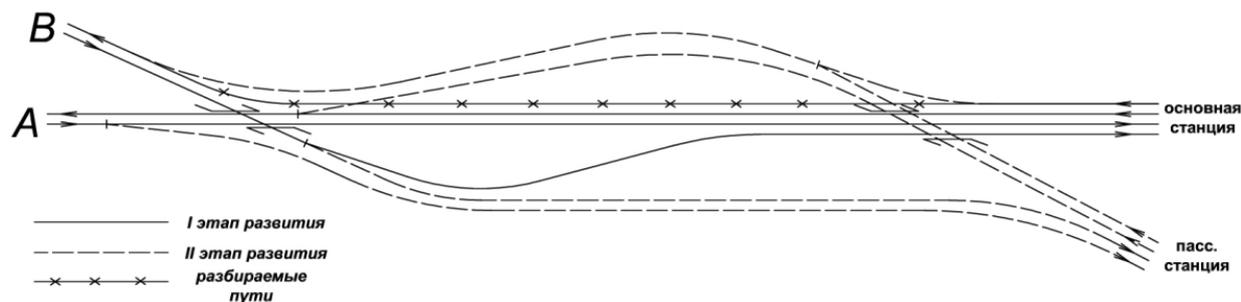


Рис. 1. Вариант развития путепроводной развязки по роду движения по второй стратегии развития

В случае второй стратегии развития путь отправления нечётных поездов с основной станции на *B* сразу проектируется с учетом сооружения второго путепровода в связи со строительством в узле новой сортировочной станции (см. рис. 2), что позволяет на втором этапе избежать бросовых работ, переустройства пути и дополнительного отвода земель.

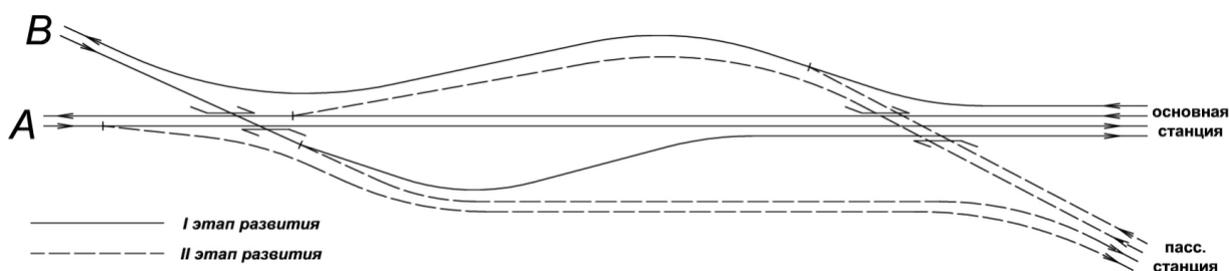


Рис. 2. Вариант развития путепроводной развязки по роду движения по первой стратегии развития

При рассмотрении указанных вариантов развития развязки необходимо определять капитальные затраты на первом этапе, а также стоимости переходов от первого ко второму этапу развития, эксплуатационные расходы лишь по отличающимся показателям. Поэтому следует учесть следующие капитальные затраты: подготовка территории строительства, сооружение земляного полотна, укладка верхнего строения пути, разборка верхнего строения пути, устройство и демонтаж контактной сети. Отличающимися статьями эксплуатационных расходов являются: содержание верхнего строения пути, амортизацию земляного полотна, содержание контактной сети, расходы на тягу поездов. При этом рассматривать пробеги поездов для определения расходов на тягу необходимо только для пути отправления поездов с основной станции, т.к. по остальным путям расходы на тягу поездов по вариантам будут одинаковыми. Определение капитальных вложений, стоимостей переходов между вариантами технического состояния и эксплуатационных расходов производилось на основе запроектированных масштабных планов.

Капитальные затраты, требующиеся для сооружения первого варианта технического состояния развязок по обеим стратегиям их развития, сведены в табл. 1 и 2. Стоимости переходов от первого ко второму вариантам технического состояния по первой $\Delta \mathcal{E}_{i \rightarrow j}^T$ и второй стратегии развития $\Delta \mathcal{E}_{i \rightarrow j}^П$ составили 668,41 млн руб. и 522,50 млн руб. соответственно (см. табл. 3, 4). Второй вариант технического состояния является одинаковым при обеих стратегиях развития, и капитальные затраты, требующиеся для его строительства сведены в табл. 5. При этом исключены из рассмотрения пути для приёма на сортировочную станцию чётных поездов с подходов *A* и *B*, т.к. их учёт не повлияет на результаты расчётов.

Таблица 1

Расчёт капитальных вложений по отличающимся видам работ для технического состояния 1 при развитии развязки по второй стратегии

Наименование работ	Стоимость единицы, тыс. руб.	Количество	Общая стоимость, млн. руб.
1. Подготовка территории строительства, га	3500	34,2	119,7
2. Земляное полотно, тыс. м ³	1000	460	460
3. Стоимость путепровода, пог. м	1000	23,6	23,6
4. Устройство верхнего строения пути			
4.1 Укладка главного пути рельсами Р65 при 2000 ж.б. шпалах, км строит. длины	18000	14,105	253,89
4.2 Укладка стрелочных переводов марки 1/11, комплект	1400	–	–
4.3 Балластировка пути:			
- щебень, м ³	2,5	31595,2	79,0
- песчаная подушка, м ³	2,0	16926	33,9
5. Устройство контактной сети, км	6700	14,105	94,50
Итого:			1064,53

Таблица 2

Расчёт капитальных вложений по отличающимся видам работ для технического состояния 1 при развитии развязки по первой стратегии

Наименование работ	Стоимость единицы, тыс. руб.	Количество	Общая стоимость, млн. руб.
1. Подготовка территории строительства, га	3500	49,6	173,6
2. Земляное полотно, тыс. м ³	1000	463	463
3. Стоимость путепровода, пог. м	1000	23,6	23,6
4. Устройство верхнего строения пути			
4.1 Укладка главного пути рельсами Р65 при 2000 ж.б. шпалах, км строит. длины	18000	14,224	256,03
4.2 Укладка стрелочных переводов марки 1/11, комплект	1400	–	–
4.3 Балластировка пути:			
- щебень, м ³	2,5	31861,76	79,7
- песчаная подушка, м ³	2,0	17068,8	34,1

Продолжение табл. 2

Наименование работ	Стоимость единицы, тыс. руб.	Количество	Общая стоимость, млн. руб.
5. Устройство контактной сети, км	6700	14,224	95,30
Итого:			1125,32

Таблица 3

Расчёт капитальных затрат по отличающимся видам работ для перехода от технического состояния 1 к техническому состоянию 2 при развитии развязки по второй стратегии развития

Наименование работ	Стоимость единицы, тыс. руб.	Количество	Общая стоимость, млн. руб.
1. Подготовка территории строительства, га	3500	16	56
2. Земляное полотно, тыс. м ³	1000	168	168
3. Стоимость путепровода, пог. м	1700	61,2	104,04
4. Устройство верхнего строения пути			
4.1 Укладка главного пути рельсами Р65 при 2000 ж.б. шпалах, км строит. длины	18000	5,731	103,16
4.2 Разборка пути, км строит. длины	150	2,413	0,36
4.2 Укладка стрелочных переводов марки 1/11, комплект	1400	2	2,8
4.3 Балластировка пути:			
- щебень, м ³	2,5	12837,44	32,0936
- песчаная подушка, м ³	2,0	6877,2	13,7544
5. Устройство контактной сети, км	6700	5,731	38,40
6. Организация строительства (принята в размере 10 % от капитальных вложений, необходимых для сооружения развязки по варианту технического состояния 2)			149,80
Итого:			668,41

Эксплуатационные расходы на содержание верхнего строения пути и контактной сети получаются умножением расходной ставки на суммарные строительные длины данных показателей. Амортизационные отчисления на содержание земляного полотна принимаются в размере 1% от его стоимости. Перечисленные эксплуатационные расходы будут для каждого варианта технического состояния каждый год одинаковыми. Возрастают же будут эксплуатационные расходы на тягу поездов в связи с непрерывным ростом размеров движения. На основе масштабных планов определено, что перепробег отправляемых с основной станции поездов при второй стратегии развития в связи с искривлением пути составит 63 метра. Соответственно согласно проведенным тяговым расчетам на каждый грузовой поезд будет затрачиваться дополнительная электроэнергия в размере, приблизительно равном 3 кВт-ч.

Расчет показал, что суммарная разность годовых эксплуатационных расходов с учетом коэффициента дисконтирования α_t составляет не более 1,85 млн. руб., что является незначительной величиной, которая не изменит итоговые результаты.

Таблица 4

**Расчёт капитальных затрат по отличающимся видам работ
для перехода от технического состояния 1 к техническому
состоянию 2 при развитии развязки по первой стратегии развития**

Наименование работ	Стоимость единицы, тыс. руб.	Количество	Общая стоимость, млн. руб.
1. Подготовка территории строительства, га	3500	0,6	2,1
2. Земляное полотно, тыс. м ³	1000	165	165
3. Стоимость путепровода, пог. м	1700	61,2	104,04
4. Устройство верхнего строения пути			
4.1 Укладка главного пути рельсами Р65 при 2000 ж.б. шпалах, км строит. длины	18000	3,020	53,36
4.2 Укладка стрелочных переводов марки 1/11, комплект	1400	2	2,8
4.3 Балластировка пути:			
-щебень, м ³	2,5	6764,8	16,91
-песчаная подушка, м ³	2,0	3624	7,25
5. Устройство контактной сети, км	6700	3,020	20,234
6. Организация строительства (принята в размере 10 % от капитальных вложений, необходимых для сооружения развязки по варианту технического состояния 2)			149,80
Итого:			522,50

Таблица 5

Расчёт капитальных вложений по отличающимся видам работ для технического состояния 2

Наименование работ	Стоимость единицы, тыс. руб.	Количество	Общая стоимость, млн. руб.
1. Подготовка территории строительства, га	3500	50,2	173,6
2. Земляное полотно, тыс. м ³	1000	628	628
3. Стоимость путепровода, пог. м			
- однопутный	1000	23,6	23,6
- двухпутный	1700	61,2	104,04
4. Устройство верхнего строения пути			
4.1 Укладка главного пути рельсами Р65 при 2000 ж.б. шпалах, км строит. длины	18000	17,244	310,39
4.2 Укладка стрелочных переводов марки 1/11, комплект	1400	–	–
4.3 Балластировка пути:			
-щебень, м ³	2,5	38626,56	96,57
-песчаная подушка, м ³	2,0	20692,8	41,39
5. Устройство контактной сети, км	6700	17,244	115,53
Итого:			1498,02

Таким образом, пренебрегая незначительной разностью эксплуатационных расходов, для определения года t_j перехода ко второму техническому состоянию, при котором будет достигаться равенство приведенных затрат, можно осуществлять по формуле (6). Подставив в указанную формулу полученные значения, получим $t_j = 8$ лет. Это означает, что при переходе ко второму варианту технического состояния через 8 лет и более эффективней осуществлять развитие рассматриваемой путепроводной развязки по роду движения по стратегии с учетом перспективы развития.

Библиографический список

1. Ефименко Ю.И. Обоснование этапности развития железнодорожных станций и узлов: дис. ... д-ра. техн. наук. – СПб.: ПИИТ, 1992. – 394 с.
2. Куклев Д.Н. Обоснование целесообразности сооружения обходов железнодорожных узлов: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Санкт-Петербург: ПГУПС, 2007. – 24 с.
3. Олейникова Л.А. Сферы применения односторонних и двусторонних сортировочных станций при росте и спаде объемов переработки вагонов: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Санкт-Петербург: 2006. – 26 с.
4. Сугоровский А.В. Обоснование этапности развития пассажирских технических станций: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Санкт-Петербург: ПГУПС, 2010. – 16 с.
5. Тулякова Н.В. Выбор этапности изменения технического состояния станций в условиях рыночной экономики: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – СПб.: ПГУПС, 2002. – 28 с.
6. Четчуев М. В. Обоснование этапности развития горловин железнодорожных станций: дис. ... канд. техн. наук. – Санкт-Петербург: ПГУПС, 2012. – 176 с.

УДК 625.08

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЛИЧЕСТВЕННОГО СОСТАВА ПАРКА ПУТЕВЫХ МАШИН ДРЭПМ ЮУЖД С УЧЕТОМ МАТЕМАТИЧЕСКОГО РАСЧЕТА ОБЪЕМОВ РАБОТ

Скутина О.Л.¹, Рабец М.А.²

¹ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уральский государственный университет путей сообщения» (Екатеринбург)

² Дирекция по ремонту и эксплуатации путевых машин Южно-Уральской железной дороги – филиала ОАО «РЖД» (Магнитогорск)

В современных условиях перехода на скоростное и высокоскоростное движение поездов безопасная и бесперебойная работа железнодорожного транспорта возможна только при своевременном и качественном выполнении работ по текущему содержанию и ремонтам пути. Дирекцией по ремонту и эксплуатации путевых машин Южно-Уральской железной дороги (ДРЭПМ ЮУЖД) была поставлена цель: определить потребный количественный состав эксплуатируемого парка машин по производственным участкам дирекции с учетом математического расчета объемов работ. Для достижения поставленной цели необходимо:

- определить объемы работ по ремонтам пути на текущий год и перспективу;
- рассчитать необходимое количество путевой техники для принятых объемов работ;
- выявить избыток или дефицит путевой техники с учетом нормативного срока службы машин, возможности и необходимости их списания, а также потерь времени и затрат на ремонты и техобслуживание машин;

- определить оптимальный состав эксплуатируемого парка машин ДРЭПМ.

В соответствии с нормативами периодичность ремонтов пути и объемы работ определяются, в первую очередь, в зависимости от пропущенного тоннажа. В связи с этим было принято решение проанализировать характер изменения грузонапряженности по всем направлениям дороги. Расчеты выполнялись на основании данных, полученных в техническом отделе Службы пути Уральской дирекции инфраструктуры за последние 5 лет (2012-2016 годы). Для оптимизации расчетов авторами на базе MS Excel созданы программы «Оптимальное количество эксплуатируемого парка машин» (ОКЭП) и «Парк путевых машин», позволяющие решить поставленные задачи.

Информационной базой программы ОКЭП в ходе исследования являлись рельсошпалобалластные карты (РШБК) за 2016 год, данные о грузонапряженности ЮУЖД по отчетам ЦО-1 и ЦО-5 за 2012-2016 гг., результаты, полученные в программе «Парк путевых машин».

Программа ОКЭП имеет 16 вкладок.

В первую вкладку «Исходные данные» для каждого километра пути были занесены данные о классе, группе и категории пути; пропущенном тоннаже; типе пути (звеньевой или бесстыковой); наличии старогодных рельс; роде балласта и его загрязненности; годах последнего промежуточного и капитального ремонтов пути; виде ремонта в отчетном году (2016 г.).

Во вкладку «Анализ грузонапряженности» были внесены данные о грузонапряженности на каждом километре дороги за период 2012-2016 гг., выполнен её анализ и с помощью функции «ТЕНДЕНЦИЯ» выявлен характер изменения грузонапряженности на предстоящий период. При этом вероятное значение грузонапряженности в год t определялось как:

$$\Gamma_t = \Gamma_{2016} \cdot (\Delta_{\text{ср}} + 100\%) / 100, \text{ млн т брутто-км / км в год,} \quad (1)$$

где Γ_{2016} – грузонапряженность в 2016 году, млн т брутто-км/км в год; $\Delta_{\text{ср}}$ – среднестатистическое процентное изменение грузонапряженности за предыдущий период (2012-2016 годы).

Расчеты показали, что, если экстраполировать сложившуюся ситуацию на предстоящий период, то грузонапряженность в среднем по ЮУЖД будет уменьшаться ежегодно на 1,25%. В тоже время на основных, наиболее грузонапряженных участках, она не изменится, а на отдельных участках даже возрастет за год на 5-10 процентов.

Вкладка «Объемы работ по км» позволила рассчитать для каждого километра пути, прогнозируемые грузонапряженность и суммарный пропущенный тоннаж по годам до 2020 года, и, в зависимости от среднесетевых норм периодичности путевых работ, определить года проведения капитального ремонта на новых и старогодных материалах, среднего ремонта в период до капитального ремонта и после, планово-предупредительных ремонтов. Схемы проведения ремонтов отражаются во вкладке «Схема». При этом учитывалось, что если нормы задают несколько показателей к ремонту пути (например, у бесстыкового пути на новых материалах класса 1Г1 показатели – 700 млн т брутто пропущенного тоннажа и 30 лет эксплуатации), то программа ОКЭП определяет год последующего капитального ремонта по обоим показателям и выбирает наименьший. Если пропущенный тоннаж на участке больше нормативного, программа назначает проведение капитального ремонта в текущем году.

Средний ремонт проводится в зависимости от ремонтных схем в промежутке между капитальными ремонтами. В программе ОКЭП принято, что загрязнение балласта происходит равномерно и средний ремонт назначается ровно между капитальными

ремонтами. Если по РШБК загрязнение балласта превышает 30%, то средний ремонт на этом участке будет проводиться в текущем году.

Полученные во вкладках «Объемы работ по км», «Схемы» значения межремонтных сроков капитальных ремонтов, средних ремонтов, а также схемы ремонтов сводятся воедино по дистанциям пути во вкладке «Нормативные ремонты». Программа определяет ежегодное количество километров с назначенным ремонтом для каждой дистанции пути.

В связи с тем, что на ЮУЖД имеется значительное количество участков с перепропущенным тоннажем, то на текущий год программа определила следующие объемы путевых работ: капитального ремонта – 1442 км, среднего – 389 км и т.д. Несмотря на то, что все участки с перепропущенным тоннажем должны быть отремонтированы, на практике это зачастую оказывается невозможным из-за недостаточного финансирования и ограниченных сил подразделений.

Следует учитывать, что в Дирекции по ремонту пути ЮУЖД есть плановые объемы работ на период 2017-2020 годов (вкладка «Плановые ремонты»). Они определяются с учетом экономических возможностей Дирекции, загруженности путевых бригад и их численностью, количества машин, сезонности работ, а также учитывается возможность предоставления «окон».

При сравнении плановых и нормативных ремонтов пути был введен коэффициент, учитывающий невыполнение необходимых объемов работ. Коэффициент показывает во сколько раз запланированные Дирекцией по ремонту пути объемы работ меньше нормативных («Коэффициент невыполнения»). Расчеты показали, что коэффициент невыполнения ремонтов пути в среднем равен: для капитального ремонта на новых материалах – 1,5; для капитального ремонта пути на старогодных материалах – 0,9; для среднего ремонта пути – 2,4. В среднем значение коэффициента равно 1,62.

Вычисленные объемы работ позволяют определить потребное количество путевых машин. При этом необходимо учитывать занятость машин при выполнении тех или иных технологических процессов. Расчет количества ведущих путевых машин для проведения ремонтов пути ведется на основе Регламента по оснащенности № 241 от 16 апреля 2014 г. [2] с учетом коэффициентов занятости машин в зависимости от технологии проведения ремонтов. Так как значения коэффициентов занятости зависят от большого числа параметров, в том числе количество «окон» в неделю, продолжительность «окон», глубина очистки (вырезки) балласта, закрытый перегон или открытый, в работе были введены коэффициенты, учитывающие частоту события. Так, например, на ЮУЖД 47% окон предоставляются трижды в неделю, 33% – четыре раза и 20% – пять раз в неделю. Это учтено при расчете потребности в специальном подвижном составе. Данные предоставлены Дирекцией по ремонту пути в среднем по Южно-Уральской железной дороге.

Все расчеты по определению потребного количества ведущих машин на Южно-Уральской железной дороге выполнены на период 2017-2020 годы. Результаты расчетов для каждой дистанции пути и для каждого производственного участка Дирекции по ремонту и эксплуатации путевых машин по годам представляются в соответствующих вкладках («Расчет машин 2017» и т.д.). В этих вкладках просчитаны все технологии производства работ, все виды ремонтов, а также различные комплекты путевой техники.

Итоговая в программе вкладка «Сводная таблица машин» позволяет определить потребное количество путевых машин, а также их дефицит при выполнении принятых по нормативам объемов работ по ремонтам пути, и объемов, определенных Дирекцией по ремонту пути (именно для этого ранее был введен коэффициент «невыполнения»

объемов работ). В ходе расчетов было выявлено, что на дефицит техники для капитального ремонта на старогодных материалах значение коэффициента «невыполнения» не влияет, так как он приблизительно равен 1, для остальных ремонтов дефицит путевой техники имеется и составляет, например, СЧ-600 – 2 машины, ВПР-02 – 2 машины и т.д.

Дефицит путевых машин определяется в программе ОКЭП с учетом данных, полученных в программе «Парк путевых машин».

Программа «Парк путевых машин» позволяет учесть весь парк путевых машин ЮУЖД в соответствии с местами их приписки, нормативные данные о видах и периодичности технического обслуживания и ремонта специального подвижного состава (СПС) и механизмов, единичные стоимости работ и сроки нахождения объектов в текущем и капитальном ремонте и позволяет определить сроки проведения ремонтов путевых машин с учетом наработки СПС нарастающим итогом с начала эксплуатации или с последнего капитального ремонта и средний прирост наработки в год для каждого вида техники. В работе рассматривались текущие ремонты первого и второго объемов и капитальный ремонт первого объема.

Информационная база программы «Парк путевых машин» – данные АСУ СПС о парке СПС ЮУЖД, о расходе топлива СПС, данные о состоянии СПС Дирекции по ремонту и эксплуатации путевых машин.

Всего на ЮУЖД 644 единиц путевой техники, из которых на балансе ДРЭПМ – 406 единиц (63%), ПМС – 152 единицы (23,6%), ЭЧ – 83 единицы (12,9%), Южно-Уральской дирекции инфраструктуры – 3 единицы (0,5%). Так как более половины путевой техники находится на балансе ДРЭПМ, то в расчетах учитывается только эта техника.

Самая важная и необходимая для расчетов вкладка «Ремонты ПМ». Она позволяет определить пригодность техники к эксплуатации и учитывает следующие параметры: предприятие приписки, тип машины, заводской номер, год выпуска путевой машины, срок службы (лет), ремонты, проведенные за последние 3 года, наработка нарастающим итогом с начала эксплуатации или с последнего капитального ремонта, периодичность технического обслуживания и ремонта (данные о видах, стоимости и периодичности технического обслуживания и ремонта СПС и механизмов приведены в [3, 4]).

Вкладка позволяет определить год списания техники, ближайшие года проведения текущего ремонта СПС первого и второго объема и капитального ремонта СПС первого объема, количество проведенных ремонтов СПС по годам до 2020 года, затраты на проведения этих ремонтов на 2017-2020 годы.

Результаты расчета показали, что к 2017 году необходимо списать 114 путевых машин по истекшему сроку службы, из 406 единиц СПС; затраты на ремонты СПС по годам составляют: 2017 год – 316 млн руб.; 2018 год – 107,0 млн.руб.; 2019 год – 167,9 млн.руб.; 2020 год – 75 млн руб.; в целом за 4 года 2017-2020 года необходимо провести 160 текущих ремонтов первого объема, 209 текущих ремонтов второго объема и 104 капитальных ремонта первого объема.

На основе результатов, полученных в программах составлена сводная ведомость потребного парка машин на Южно-Уральской железной дороге (вкладка «ОКЭП»), в которой указано не только потребное количество машин, но и их дефицит. Фрагмент вкладки «ОКЭП» представлен в табл. 1.

В числителе указаны значения для объемов работ, запланированных Дирекцией по ремонтам пути, а в знаменателе – для необходимых объемов, рассчитанных в соответствии с нормами.

Фрагмент ведомости потребного парка СПС (вкладка «ОКЭП»)

Тип машин	Необходимое количество до 2020 года	Существующий парк СПС		Дефицит СПС
		В целом по ЮУЖД	В том числе по ДРЭПМ	
СС-3 (СС-1М)	5/8	3	3	2/5
ЭЛБ-4	8/12	5		3/7
ВПр-02	6/9	0	0	6/9
СЧ-1200	5/8	0		5/8
ЩОМ-700	5/8	0		5/8
ЩОМ-6БМ (ЩОМ-6У)	8/12	2	1	6/10

Основные выводы:

1. В ходе научно-исследовательской работы разработаны программы ОКЭП и «Парк путевых машин», которые позволяют: определять объемы работ по ремонтам пути на Южно-Уральской железной дороге для дистанции пути и производственных участков Дирекции по ремонту и эксплуатации путевых машин; рассчитать потребность в ведущих машинах для принятых объемов работ; посчитать количество и типы пригодных к эксплуатации машин и определить машины с истекшим сроком службы; сформировать оптимальный парк путевых машин; рассчитать затраты на проведение текущих ремонтов первого и второго объемов и капитального ремонта первого объема.

2. Расчет количества путевой техники в работе является актуальным, так как использовались данные за 2016 год и учитывался прогноз до 2020 года на Южно-Уральской железной дороге.

3. Программы оперативно учитывают изменение технических параметров пути, состава и состояния парка машин и могут быть пролонгированы на продолжительный период времени.

4. Программы ОКЭП и «Парк путевых машин» найдут практическое применение в Дирекции по ремонту пути при определении нормативных объемов работ по ремонтам пути, в Дирекции по ремонту и эксплуатации путевых машин при определении оптимального количества путевых машин и затрат на проведение ремонтов путевой техники.

Библиографический список

1. Технические условия на работы по реконструкции (модернизации) и ремонту железнодорожного пути, утверждённые распоряжением ОАО «РЖД» № 75р от 18 января 2013 года (редакция от 21 января 2015 года).

2. Регламент технического оснащения дистанций пути, дистанций инженерных сооружений, путевых машинных станций № 241 от 16 апреля 2014 года.

3. Распоряжении ОАО «РЖД» от 14 марта 2014 года № 659р «Об утверждении и вводе в действие положения о системе планово-предупредительного ремонта специального железнодорожного подвижного состава и механизмов инфраструктурного комплекса открытого акционерного общества «Российские железные дороги».

4. Дополнительное соглашение № 7 к договору лизинга № 163 от 14 марта 2012 года.

РАСЧЕТ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА НОВЫХ И РЕКОНСТРУКЦИИ СУЩЕСТВУЮЩИХ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ

Бобарыкин П.В., Немченко Т.М.

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I»
(Санкт-Петербург)*

Настоящее время характеризуется значительно меняющимися экономическими условиями, зависящих, прежде всего не от экономических (достаточно точно прогнозируемых) факторов, а от политических и иных факторов, которые не поддаются каким-либо значимым предположениям [1]. В этом случае при расчете экономической эффективности могут быть допущены существенные ошибки при выборе исходных параметров, которые в ходе расчета корректируются путем введения факторов риска, использования различных сценариев развития событий и других мероприятий. Следует отметить, что все эти мероприятия имеют так же исходные параметры, которые вычисляются или задаются экспертно. Таким образом, в результате расчета постоянно добавляются вероятностные исходные данные, которые уже не только напрямую влияют на результат расчета, но и могут исказить ранее полученные результаты. Это в значительной степени усложняет и уменьшает точность получаемых результатов. Любые изменения исходных параметров, происходящие в процессе проектирования, строительства и эксплуатации, требуют полного пересчета экономической эффективности для принятия проектного или организационного решения. Это в свою очередь увеличивает стоимость строительства, уменьшает скорость принятия проектного решения, а также восприятие заказчиком предложенных вариантов [2-4].

Для устранения выше перечисленных недостатков, предлагается на предпроектной стадии использовать следующий подход. При определении экономической эффективности, по любой из существующих методик, выделить значимые исходные параметры, которые влияют на результат расчетов. Экспертным путем или расчетным (теория прогнозирования и др.) для каждого параметра задаются максимальные и минимальные значения. Далее определяется весовая доля влияния каждого параметра на результат расчета ЧДД.

Изменяя границы исходных параметров пропорционально весовым долям, добиваются, что бы ЧДД на определенный срок не опускался ниже нуля или другого установленного значения. В результате корректировки границы исходных параметров они могут, как расширяться, так и сужаться. Следует отметить, что наличие параметров увязанных между собой уменьшает их число, сглаживает ошибки в определении границ каждого из них. В результате определяется степень влияния или величина на единицу параметра изменения ЧДД.

Таким образом, при нахождении всех исходных параметров в установленных границах можно говорить об эффективности и устойчивости проекта. При выпадении какого-либо параметра из установленных границ можно установить критично ли изменение ЧДД и как оно влияет на выбор проектного решения.

Данный подход на предпроектной стадии позволяет варьировать множеством вариантов проектных решений, отсеивая заведомо экономически неэффективные. Кроме того, управление проектом в процессе его реализации с использованием данного подхода позволяет оперативно вносить необходимые изменения для сохранения или увеличения эффективности реализации проекта.

Библиографический список

1. Стратегия развития железнодорожного транспорта в Российской Федерации до 2030 г. – М.: 2007.
2. Роль предпроектных проработок транспортной составляющей в инвестиционном проекте промышленного предприятия (на примере железнодорожного транспорта) / Е.С. Свинцов, П.В. Бобарькин, О.Б. Суровцева, Т.М. Немченко // Транспорт-2009: Материалы всероссийской науч.-практич. конф., посвященной 80-летию РГУПС. – Ростов-на-Дону, 2009.
3. Технология проектирования железнодорожных путей необщего пользования в современных условиях / Е.С. Свинцов, Т.М. Немченко // Путь и путевое хозяйство – 2009. – № 9. – С. 38-39.
4. Определение сопутствующих затрат при строительстве новых железнодорожных путей необщего пользования / Е.С. Свинцов, П.В. Бобарькин, Т.М. Немченко, О.Б. Суровцева // Известия Петербургского университета путей сообщения. – СПб: ПГУПС, 2008. – Вып. 4 (17). – С. 85-87.

УДК 656.21

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ДИНАМИЧЕСКОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭТАПНОСТИ РАЗВИТИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ СТАНЦИЙ

Стерхов Д.М.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I» (Санкт-Петербург)

Введение

Среди проблем проектирования железнодорожных станций и узлов особое место занимает оптимизация проектных решений и, в первую очередь, выбор наиболее рациональной этапности развития. Это обусловлено, с одной стороны, высокой стоимостью работ по развитию станций, а с другой, – большими эксплуатационными потерями при недостаточной мощности станционных устройств. Проблема этапности, таким образом, связана с необходимостью разрешения диалектического противоречия между стремлением к экономии капитальных затрат и желанием обеспечить при этом устойчивую работу железных дорог.

1. Разработка рациональных этапов развития железнодорожных станций – актуальная, но сложная и многокритериальная задача

Развитие транспортной инфраструктуры играет исключительную роль в переходе на инновационный путь развития и устойчивого роста национальной экономики. В последние годы изменилась государственная инвестиционная политика в области транспорта – предпринимаются усилия для перехода от точечного «латания дыр» в техническом состоянии инфраструктуры вследствие хронического недофинансирования в предыдущие десятилетия к комплексным инфраструктурным проектам целого ряда основных железнодорожных направлений (Восточный полигон, подходы к портам Северо-Западного бассейна, Северный широтный ход и др.). Предусматривается модернизация существующих и строительство новых объектов инфраструктуры для обеспечения необходимого уровня потребной провозной и пропускной способности на всём протяжении маршрутов пропуска прогнозируемых на следующие 10-15 лет грузовых потоков.

Для развития каждого направления необходимо усиление мощности десятков железнодорожных технических станций, которое должно быть связано с поэтапным увеличением размеров движения. В свою очередь для решения данной задачи необходимо наращивание технического оснащения станций (путей и парков, стрелочных горловин, сортировочных устройств, систем железнодорожной автоматики и др.), поэтапный расчёт которого требует соответствующего математического аппарата. Анализ возможных методов оптимизации дискретных процессов, к которым относится процесс этапного развития станций, показал, что для решения этой задачи целесообразно использовать метод динамического программирования [1-6].

2. Обоснование этапности развития станций и узлов на основе динамического программирования

В основе метода динамического программирования лежит разбиение вычислительного процесса на отдельные шаги. В пределах каждого шага вычислений определяется выбор условно-оптимальных управлений (переходов). После определения условно-оптимальных переходов на последнем шаге наилучший вариант развития системы находится путем прохождения в обратном направлении по найденным условно-оптимальным переходам. Задача может решаться в прямом и обратном направлениях. Поскольку при проектировании станций и узлов чаще приходится иметь дело с развитием существующих объектов, начальное состояние которых неизвестно, оптимизацию этапности их развития целесообразно решать в прямом направлении. При этом условно-оптимальные переходы на каждом шаге определяется с учетом всех предыдущих шагов. Задача оптимизации может быть разделена на три части: пошаговый расчет критерия эффективности и определение условно-оптимальных переходов; выбор оптимального варианта технического состояния в конце расчетного периода; установление оптимального пути развития [7].

Пошаговый расчёт критерия эффективности и определение условно-оптимальных переходов может быть осуществлен на основе рекуррентного соотношения, предложенного Р.Бэллманом [8]:

$$\begin{aligned} \mathcal{E}_{t,j}^{\text{опт}} = \min \left(\mathcal{E}_{t-1,i}^{\text{опт}} + \Delta \mathcal{E}_{t,j}(U_i^j) \right); \\ (t = 1, 2, \dots, T; j = 1, 2, \dots, n; i = 1, 2, \dots, j), \end{aligned} \quad (1)$$

где $\mathcal{E}_{t,j}^{\text{опт}}$ – минимальное значение суммарных приведенных затрат в год t для достижения к этому году состояния станции S_j ; $\mathcal{E}_{t-1,i}^{\text{опт}}$ – то же, в год $t - 1$ для состояния S_i ; $\Delta \mathcal{E}_{t,j}(U_i^j)$ – приращение критерия эффективности в год t при переходе из состояния S_i в S_j .

$$\Delta \mathcal{E}_{t,j}(U_i^j) = K_{i \rightarrow j} \alpha_t + C_{t,i} \alpha_t, \quad (2)$$

где $K_{i \rightarrow j}$ – капитальные затраты для перехода от i -го к j -му варианту технического состояния; $C_{t,i}$ – эксплуатационные расходы в год t для i -го варианта технического состояния; α_t – коэффициент дисконтирования затрат.

$$\alpha_t = \frac{1}{(1+E)^t}, \quad (3)$$

где E – норма дисконта.

Для поиска оптимального решения может быть применен алгоритм «киевский веник», суть которого состоит в следующем. Пусть в конце шага $(t - 1)$ станция имеет n состояний, обеспечивающих освоение заданных размеров работы: $S_1, S_2, \dots, S_j, \dots, S_n$.

Каждому из этих состояний соответствуют минимальные значения общих приведенных затрат от начала периода сравнения вариантов $\mathcal{E}_{t-1,1}^{\text{опт}}, \mathcal{E}_{t-1,2}^{\text{опт}}, \dots, \mathcal{E}_{t-1,j}^{\text{опт}}, \dots, \mathcal{E}_{t-1,n}^{\text{опт}}$. Переход станции на шаге t продолжительностью 1 год в состоянии $S_{t,j}$ возможен из всех состояний от S_1 до S_j в результате переходов $(U_1^j), (U_2^j), \dots, (U_i^j), (U_j^j)$.

При этом в зависимости от управления значение критерия оптимальности $\mathcal{E}_{t,j}$ будет принимать следующие значения:

$$\left. \begin{aligned} \mathcal{E}_{t,j}(U_1^j) &= \mathcal{E}_{t-1,1}^{\text{опт}} + K_{1 \rightarrow j} \alpha_t + C_{t,1} \alpha_t; \\ \mathcal{E}_{t,j}(U_2^j) &= \mathcal{E}_{t-1,2}^{\text{опт}} + K_{2 \rightarrow j} \alpha_t + C_{t,2} \alpha_t; \\ &\dots\dots\dots \\ \mathcal{E}_{t,j}(U_i^j) &= \mathcal{E}_{t-1,i}^{\text{опт}} + K_{i \rightarrow j} \alpha_t + C_{t,i} \alpha_t; \\ \mathcal{E}_{t,j}(U_j^j) &= \mathcal{E}_{t-1,j}^{\text{опт}} + C_{t,j} \alpha_t; \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

где $K_{t \rightarrow j}, K_{2 \rightarrow j}, \dots, K_{i \rightarrow j}$ – капитальные затраты, необходимые для перехода соответственно от состояния S_1, S_2, \dots, S_i , к состоянию S_j ; $C_{t,1}, C_{t,2}, \dots, C_{t,i}, C_{t,j}$ – эксплуатационные расходы в год t для вариантов технического состояния 1, 2, ..., i, j .

Оптимальным переходом на шаге t для состояния S_j будет тот, который обеспечит $\min \mathcal{E}_{t,j}$. Этот переход запоминается, а все остальные переходы из дальнейшего рассмотрения исключаются (отменяются).

Таким образом, для каждого варианта технического состояния на каждом шаге существует один единственный переход, который дает минимум критерия эффективности.

Для новой станции значения критерия эффективности при выборе условно-оптимальных переходов на первом шаге определяется следующим образом:

$$\left. \begin{aligned} \mathcal{E}_{1,1}^{\text{опт}} &= \mathcal{E}_{1,1}(U_1^1) = K_1 + C_{1,1} \alpha_1; \\ \mathcal{E}_{1,2}^{\text{опт}} &= \min\{\mathcal{E}_{1,2}(U_1^2) = K_1 + C_{1,1} \alpha_1 + K_{1 \rightarrow 2} \alpha_1; \\ &\mathcal{E}_{1,2}(U_2^2) = K_2 + C_{1,2} \alpha_1\}; \\ &\dots\dots\dots \\ \mathcal{E}_{1,j}^{\text{опт}} &= \min\{\mathcal{E}_{1,j}(U_1^j) = K_1 + C_{1,1} \alpha_1 + K_{1 \rightarrow j} \alpha_1; \\ &\mathcal{E}_{1,j}(U_2^j) = K_2 + C_{1,2} \alpha_1 + K_{2 \rightarrow j} \alpha_1; \\ &\mathcal{E}_{1,j}(U_j^j) = K_j + C_{1,j} \alpha_1\}; \\ &\dots\dots\dots \\ \mathcal{E}_{1,n}^{\text{опт}} &= \min\{\mathcal{E}_{1,n}(U_1^n) = K_1 + C_{1,1} \alpha_1 + K_{1 \rightarrow n} \alpha_1; \\ &\mathcal{E}_{1,n}(U_2^n) = K_2 + C_{1,2} \alpha_1 + K_{2 \rightarrow n} \alpha_1; \\ &\mathcal{E}_{1,n}(U_j^n) = K_j + C_{1,j} \alpha_1 + K_{j \rightarrow n} \alpha_1; \\ &\mathcal{E}_{1,n}(U_n^n) = K_n + C_{1,n} \alpha_1\} \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

где $\mathcal{E}_{1,1}^{\text{опт}}, \mathcal{E}_{1,2}^{\text{опт}}, \dots, \mathcal{E}_{1,j}^{\text{опт}}, \dots, \mathcal{E}_{1,n}^{\text{опт}}$ – минимальные значения приведенных расходов в конце первого шага оптимизации, соответствующие вариантам технического состояния в конце шага $S_{1,1}, S_{1,2}, \dots, S_{1,j}, \dots, S_{1,n}$; $K_1, K_2, \dots, K_j, \dots, K_n$ – исходные капитальные вложения, т.е. инвестиции, необходимые для развития станции к началу расчетного периода по вариантам $S_1, S_2, \dots, S_j, \dots, S_n$.

Если же речь идет о развитии существующей станции, то в качестве первого варианта технического состояния принимается ее состояние до переустройства, поэтому на первом шаге оптимизации переход к каждому из намечаемых вариантов технического состояния будет единственным – от существующего состояния, и все переходы на

первом шаге считаются потенциально оптимальными. Значения критерия эффективности при том будут определяться однозначно первыми строками выражений $\mathcal{E}_{1,1}^{\text{опт}}, \mathcal{E}_{1,2}^{\text{опт}}, \dots, \mathcal{E}_{1,j}^{\text{опт}}, \dots, \mathcal{E}_{1,n}^{\text{опт}}$ в системе (5).

На втором шаге оптимизации условно-оптимальные переходы определяются по минимуму критерия эффективности из выражений, аналогичных системе (5), но первые члены в правой части выражений будут представлять значения критерия эффективности при условно-оптимальных переходах на первом шаге, а второй и третий члены правой части строк характеризуют приращение критерия эффективности при условно-оптимальных переходах на первом шаге, т.е. учитывают решение на предыдущем шаге. Второй или второй и третий члены правой части строк характеризуют приращение критерия эффективности на рассматриваемом шаге соответствующем управлению $\Delta \mathcal{E}_{2,j}(U_i^j)$ ($t = 1, 2, \dots, j; j = 1, 2, \dots, n$).

Аналогично второму шагу процедура выбора оптимальных переходов производится на всех остальных шагах.

Процесс поиска рациональной этапности целесообразно представлять в виде графа переходов (см. рис. 1) в узлах которого проставляются значения $\mathcal{E}_{t,j}^{\text{опт}}$, определяемые по формуле (1), а на соединяющих узлы дугах – значения приращения приведенных затрат, вычисляемые по формуле (2). Дуги, соответствующие условно-оптимальным переходам отмечаются (крестиками или точками) и запоминаются.

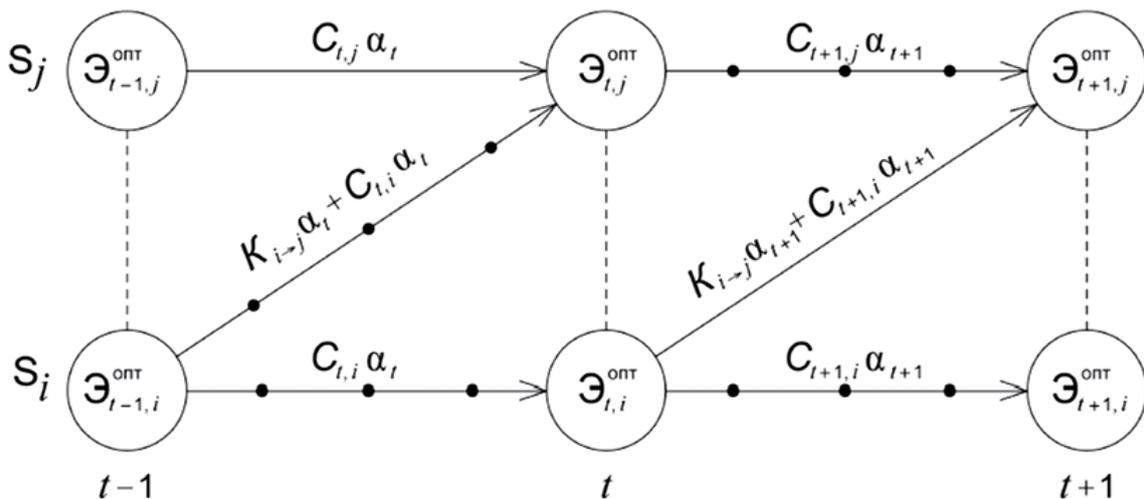


Рис. 1. Форма графа переходов

Показав только отмеченные дуги, получим график условно-оптимальных переходов (см. рис. 2), а из него – график оптимальной этапности развития станции (двойная стрелочка).

3. Прикладные научные исследования по оптимизации этапности изменения технического состояния, выполненные на кафедре «Железнодорожные станции и узлы» ПГУПС

В настоящее время одним из основных направлений научных исследований кафедры является оптимизация этапности изменения технического состояния железнодорожных станций и узлов при росте и спаде объёмов работы. Основоположителем данного научного направления является д.т.н., профессор Ю.И.Ефименко.

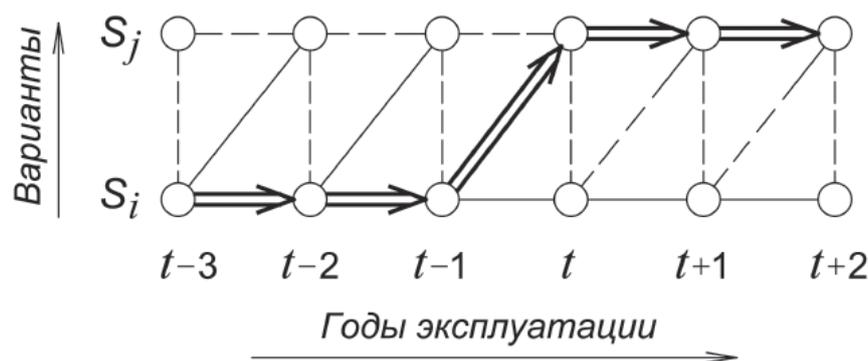


Рис. 2. График условно-оптимальных этапов развития станции

На кафедре успешно выполнен целый ряд работ на соискание степени кандидата технических наук, в которых применён метод динамического программирования. А.В. Сугоровский обосновал этапность развития пассажирских технических станций [9], М.В. Четчуев – этапность реконструкции станционных горловин [10], Л.А. Олейникова определила сферы применения односторонних и двусторонних сортировочных станций при росте и спаде объемов переработки вагонов [11]. В.В. Романов обосновал размещение и число пассажирских технических станций в крупных железнодорожных узлах [12]. Д.Н. Куклев решал проблемы целесообразности сооружения обходов железнодорожных узлов [13].

Результаты научных исследований показывают возможность и целесообразность применения метода динамического программирования для решения прикладных задач проектирования станций и узлов при поэтапном усилении мощности железнодорожных полигонов.

Заключение

Для обеспечения растущих перевозок поэтапное развитие станций и узлов является объективной необходимостью, обусловленной непрерывным увеличением потребной пропускной способности и дискретным характером наращивания наличной пропускной способности станционных устройств. Реализация оптимальной этапности развития станций представляет собой эффективный способ повышения отдачи капитальных вложений и в то же время обеспечивают экономическое обоснование принятия проектных решений.

Библиографический список

1. Сортировочные станции (теория, практика, прогнозы). Ч. II: учебное пособие / Н.В. Правдин, Т.С. Банек, В.Я. Негрей и др. – Гомель: БелГУТ, 1980. – 82 с.
2. Выбор оптимальной этапности развития односторонних сортировочных станций: метод. указания к дипломному проектированию / В.М. Акулиничев, Е.И. Сычев. – М.: МГУПС, 1983. – 32 с.
3. Оптимальная этапность развития сортировочных станций (теория и примеры расчета): учебное пособие / П.С. Грунтов и др. – Гомель: БелГУТ, 1982. – 66с.
4. Инструктивные указания по этапному развитию односторонних сортировочных станций и планированию потребных для этого капитальных вложений. – М.: Транспорт, 1984. – 87 с.
5. Железнодорожные станции и узлы. Дополнительные разделы: учебн. пособие / Ю.И. Ефименко, С.И. Логинов, П.К. Рыбин, М.В. Стрелков, А.В. Сугоровский / ред. Ю.И. Ефименко. – СПб.: ПГУПС, 2014. – 144 с.

6. Исследование типовых схем участковых станций по условию применения в реальных проектах: статья / М.В. Четчуев. – СПб.: ПГУПС, 2012.
7. Выбор оптимальной этапности развития железнодорожных станций и узлов: учеб. пособие / Ю.И. Ефименко. – Ленинград: ЛИИЖТ, 1989. – 60 с.
8. Динамическое программирование / Р. Беллман; пер. с англ. – Москва: Изд-во иностранной литературы, 1960. – 400 с.
9. Сугоровский А.В. Обоснование этапности развития пассажирских технических станций: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Санкт-Петербург: ПГУПС, 2010. – 16 с.
10. Четчуев М. В. Обоснование этапности развития горловин железно-дорожных станций: дис. ... канд. техн. наук. – Санкт-Петербург: ПГУПС, 2012. – 176 с.
11. Олейникова Л.А. Сферы применения односторонних и двусторонних сортировочных станций при росте и спаде объемов переработки вагонов: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Санкт-Петербург: 2006. – 26 с.
12. Романов В.В. Обоснование размещения и числа пассажирских технических станций в крупных железнодорожных узлах: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Санкт-Петербург: ПГУПС, 2008. – 24 с.
13. Куклев Д.Н. Обоснование целесообразности сооружения обходов железнодорожных узлов: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Санкт-Петербург: ПГУПС, 2007. – 24 с.

УДК 338.47

ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ КОНЦЕПЦИЯ ВНЕДРЕНИЯ КАЧЕСТВА ТРАНСПОРТНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

Казанская Л.Ф., Джаруллаев Р.Д.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I» (Санкт-Петербург)

Проблема повышения качества продукции, в условиях нарастающего экономического кризиса является весьма актуальной, так как успешность того или иного бизнеса зависит от конкурентоспособности товаров или услуг [1]. Транспортные компании, уделяющие большое внимание обеспечению и управлению качеством собственной продукции в виде как грузовых, так и пассажирских перевозок, могут добиться высот в своем сегменте [2, 3].

Если рассматривать эволюцию организационной структуры компании, которая происходила одновременно с эволюцией производства и требований к качеству, то можно выделить пять этапов, четыре из которых представлены на рис. 1.

Организационная структура компании с позиции отношения к качеству постоянно изменяется.

Первый этап, как правило, соответствовал периоду производства. Решение задач и всех возникающих вопросов осуществлялось тремя подразделениями. Вся продукция организации напрямую приобреталась покупателем.

Второй этап знаменуется тем, что потребители при выборе продукции или услуги стали опираться не только на стоимость, и на качество. Вследствие чего для производителя стал насущным вопрос сбыта и снабжения. Именно тогда производители стали проектировать продукт в соответствии с требованиями потребителя, а также в организациях появились специальные службы сбыта и снабжения, которые занимались обеспечением необходимых комплектующих изделий и расходных материалов, отве-

чающих заданному уровню качества. В тоже время новыми функциями наделялись контролеры качества продукции и процесса производства. К прежним добавились:

- функция входного контроля;
- анализ отказов;
- оценка надежности готовой продукции;
- обеспечение качества процессов проектирования и производства.



Рис. 1. Этапы эволюции организационной структуры компании

Все эти изменения повлекли преобразование и выделение в самостоятельный отдел службы контроля качества [4].

Во время *третьего этапа* уже появляется отдел маркетинга, который занимался изучением интересов внешнего потребителя. И у организации появляется новая функция, которая заключалась в планировании продукта в соответствии с запросами рынка. На данном этапе получило распространение функция сервисного обслуживания. То есть теперь организация не только производила продукцию (и на этом, по сути, взаимодействие заканчивалось), но и занималась послепродажным обслуживанием, что впоследствии позволило из этого сделать еще один способ получения доходов. Теперь уже главную роль стал играть покупатель. И тем самым рынок продавца, трансформировался в рынок покупателя.

Четвертый этап стал продолжением трансформирования рынка продавца в рынок покупателя. Отдел маркетинга уже играет центральную роль, тем самым оказывая влияние на работу всех подразделений.

Пятый этап характеризуется тем, что организация передаёт часть функций в аутсорсинг и тем самым избавляется от процессов, которые были неэффективны и не являлись основным профилем организации. Это позволяет сконцентрировать усилия на своей непосредственной деятельности, а не затрачивать усилия и средства на дополнительные процессы [4].

Все методы и подходы к управлению качеством можно условно разделить на два вида, изображенные на рис. 2. Административный и экономический подход между собой взаимосвязаны и, как правило, по отдельности не реализуются.

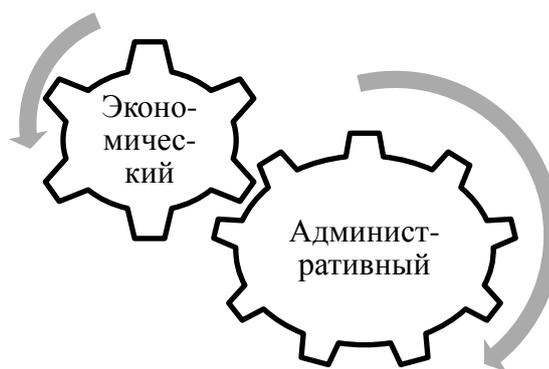


Рис. 2. Подходы к управлению качеством

В зависимости от подхода, политика качества рассматривается и характеризуется степенью экономической рациональности.

Административный подход подразумевает максимальное повышение качественных параметров вплоть до 100 %, с помощью различных операций. При получении бракованной продукции, предприятие устраняет брак, не опираясь на экономическую составляющую, т.е. любой ценой. Если рассматривать качество, как объект управления, то оно считается нормативной конечной целью.

Экономический подход, наоборот рассматривает проблему управления качеством с точки зрения экономической рациональности. Предупреждение и предотвращение дефектов происходит почти также, как и в административном подходе. Но отличие заключается в том, что, не задается 100% уровень качества, а анализируется экономическая целесообразность величины затрат, которые используются на достижение заданного уровня [5].

При экономическом подходе, компании, опираясь на стратегию экономического развития организации, сами выбирают уровень качества оказания услуг или выпускаемой продукции. Компания может сконцентрировать свои усилия на умеренном (но в тоже время приемлемом для сегмента) уровне качества. За счёт объективно невысокой цены, это будет способствовать более глубокому проникновению в определенные сегменты рынка, и таким образом увеличить объемы производства, что в последствие позволит достичь запланированного объема прибыли.

Организация также может выбрать и реализовать стратегию обеспечения самого высокого качества в краткосрочном периоде и иметь возможность извлечь максимальную прибыль, и заодно зарекомендовать себя на рынке.

Таким образом, при экономическом подходе в отличие от административного, качество как объект управления рассматривается как инструментарий, который позволяет достигать установленные цели своего функционирования.

Библиографический список

1. Казанская Л.Ф. Роль экономики качества в инновационном развитии транспортной организации // Экономика железных дорог. – 2017. – № 1. – С. 33-40.
2. Казанская Л.Ф. Направления повышения эффективности железнодорожных пассажирских перевозок // Научное обозрение. Серия. Экономика и право. – 2015. – № 4. – С. 44-52.
3. Казанская Л.Ф., Богомолова А.В. Повышение эффективности грузовых перевозок на фоне роста конкуренции // Экономика железных дорог. – 2013. – № 1. – С. 12-21.
4. Леонов О.А. Экономика качества стандартизации и сертификации: учебник. – М.: Инфра-М, 2014. – 251 с.
5. Соколов Ю.И. Менеджмент качества на железнодорожном транспорте: учеб. пособие. – М.: ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2014. – 196 с.

УДК 334

БЕНЧМАРКИНГ КАК МЕТОД АНАЛИЗА ЛОГИСТИЧЕСКИХ ЗАТРАТ ПРЕДПРИЯТИЯ

Кизляк О.П., Смирнова В.А.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I» (Санкт-Петербург)

В современном мире между предприятиями-лидерами в своей конкретной отрасли, формируется идея о том, что конкурируют между собой не сами компании, а их логистические цепи (цепи сбыта и снабжения). Становится очевидным тот факт, что в конкурентной борьбе все в большей степени обостряется проблема управления издержками [1, 2]. Перед управленческими структурами постоянно растет актуальность задачи оптимизации логистических издержек, путем выявления наиболее затратных элементов и звеньев цепи, а затем сравнении их с предприятиями-лидерами отрасли.

Такое сравнение принято называть относительно новым методом маркетинговых исследований – «бенчмаркинг», возникшим в США в 70-х гг. XX в. Зарубежные авторы характеризуют бенчмаркинг, как «систематическую деятельность, направленную на поиск, оценку и учебу на лучших примерах, не зависимо от их размера, сферы бизнеса и географического положения» [3].

На начальной стадии внедрения бенчмаркинга важно определить его вид [4,5]. В литературе выделяют несколько видов бенчмаркинга в зависимости от признака (основания классификации): стратегический и операционный; процессно-ориентированный и проблемно-ориентированный; внутренний и внешний. Поскольку речь идет о предприятии конкретной отрасли, то целесообразно использовать именно процессно-ориентированный бенчмаркинг. Он основывается на процессном подходе к организации деятельности на предприятии. Объектом в данном случае является процесс и все его элементы, а основной задачей – выделение бизнес-процессов предприятия и разбиение их на группы (основные, вспомогательные и процессы управления).

Данный подход может использоваться в различных сферах деятельности предприятия, таких, как логистическая, маркетинговая, финансовая и т.д. Особый интерес представляет бенчмаркинг логистической составляющей компании, а именно логистических издержек.

Практическая реализация подхода зависит от способа представления логистических затрат предприятия. Наиболее информативной с позиций бенчмаркинга является обобщенная классификация по логистическим функциям: снабжение, хранение, производство, распределение. Главная роль отводится вопросам обработки и анализа статистических данных, подлежащих сравнению. Выбор метода анализа затрат зависит от количества и качества исходной информации о предприятиях отрасли. Необходимо также учитывать прямую зависимость числа сравниваемых факторов, влияющих на образование затрат, и количества предприятий отрасли. Для этого используются математико-статистические методы, позволяющие выстраивать многофакторные модели оценки и на их основе получать обоснованные выводы и прогнозы.

В связи с вышесказанным предлагается методика анализа затрат, базирующаяся на линейной алгебре, причем ее применение возможно в случае, если число отобранных предприятий будет на единицу превышать число факторов, образующих затраты. Данное условие записывается следующим образом:

$$n = m + 1, \quad (1)$$

где n – количество предприятий; m – количество факторов, влияющих на образование затрат.

Тогда оценка затрат рассматриваемого предприятия с затратами другого в рамках бенчмаркинга может быть представлена следующей формулой:

$$Z_0 = Z_i + \sum_{i=1}^m \Delta Z_{ij}, \quad (2)$$

где Z_0 – затраты рассматриваемого предприятия на выручку предприятия; Z_i – количество факторов, влияющих на образование затрат; ΔZ_{ij} – изменение затрат i -ого предприятия по сравнению с рассматриваемым предприятием по j -му фактору.

В свою очередь, изменение затрат ΔZ_{ij} можно определить, исходя из значений факторов:

$$\Delta Z_{ij} = \Delta F_{ij} + \Delta z_{ij}, \quad (3)$$

где ΔF_{ij} – разница между значениями j -го фактора рассматриваемого предприятия и j -го фактора i -го предприятия; Δz_{ij} – вклад в затраты единицы j -го фактора.

Применение предложенной модели возможно при сравнении базового предприятия с несколькими организациями. В этом случае выражения записываются в виде системы уравнений. Решение системы линейных уравнений осуществляется матричным способом при условии, что ΔF_{ij} отлично от нуля.

Рассмотренный метод применим как для количественных факторов, выраженных определенными числами, так и для качественных, характеризующих свойства, состояние процессов. Последние могут также быть представлены в числовой форме посредством использования методов экспертной оценки.

Реализация предлагаемого метода оценки и анализа логистических затрат в рамках бенчмаркинга позволит учесть тенденции развития предприятий отрасли и объективно оценить факторы, влияющие на появление затрат по каждой из основных логистических функций. Фактически осуществляется стратегическое планирование, в котором показатели определяются на основе анализа данных других предприятий соответ-

ствующего сегмента рынка. По мере развития сфер управления логистическими затратами и логистической деятельностью предприятий повышается значимость бенчмаркинга, как наиболее эффективного инструмента исследований.

Библиографический список

1. Дудник Т.А. Логистика: учеб. пособие / Т.А. Дудник – Орел: ОрелГТУ, 2012. – 152 с.
2. Курганов В.М. Логистические транспортные потоки: учеб. пособие для вузов / В.М. Курганов. – М.: Дашков и К°, 2013. – 252 с.
3. Багиев Г.Л., Богданова Е.Л. Маркетинг-статистика: учеб. пособие. – М.: 2000. – 108 с.
4. Alstete, Jeffrey W. Benchmarking in Higher Education, ASHE-ERIC Higher Education Report No.5. - Washington D.C.: The George Washington University Graduate School of Education and Human Development, 1995, 141 p.
5. Князев Е.А. Бенчмаркинг для вузов: учеб. пособие / Е.А. Князев. – М.: Университетская книга – Логос, 2006. – 163 с.

УДК 625.1.003.12

ИСТОРИЯ ГОСУДАРСТВЕННО-ЧАСТНОГО ПАРТНЕРСТВА ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ

Суровцева О.Б., Свинцов Е.С., Лебедева Е.А.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I» (Санкт-Петербург)

Первоначально железные дороги в России строились в основном за счет частного капитала, с широким привлечением инвестиций из-за рубежа. Самая первая железная дорога Санкт-Петербург – Царское Село – Павловск была сооружена Акционерным обществом, высочайше утвержденным Николаем I 21.03.1836 г. Вторая железная дорога России Варшава – Вена также сооружалась акционерным обществом и в 1843 г. была передана казне.

В 1844 г. П.П. Мельников разработал проект сооружения сети железных дорог протяженностью свыше 3200 км. Помимо Петербурго-Московской магистрали в нем предусматривалось устройство рельсовых путей в центре страны: от Москвы к портам Черного моря и в Донбасс [6].

Хотя к середине XIX века необходимость создания сети железных дорог на территории страны стала для всех очевидной, полностью реализовать проект П.П. Мельникова по созданию сети железных дорог страны без привлечения средств частного капитала не представлялось возможным. В связи с этим правительство стало предоставлять различные льготы и выдавать правительственные гарантии годового дохода на вложенный капитал железнодорожным акционерным обществам.

Летом 1854 г. американский банкир Сандерс выразил желание взяться за сооружение Петербурго-Варшавской и Московско-Черноморской железных дорог, и царское правительство сочло возможным согласиться на затребованные Сандерсом 5,5% гарантированного дохода [3].

Высочайший Указ о создании первой сети железных дорог был издан 26 января 1857 г., однако еще до него, в 1856 г., правительство провело серию переговоров с иностранными предпринимателями и в начале следующего года заключило концессию

на сооружение сети железных дорог [5]. В нее входили направления: Петербург – Варшава – Прусская граница, Москва – Нижний Новгород; Москва – Курск – Феодосия; Курск (или Орел) – Динабург – Либава. Общая протяженность намеченной к строительству сети составляла около 4000 км. Для ее сооружения в 1857г. было образовано Главное общество российских железных дорог (ГОРЖД).

Учредители общества обязывались «на свой счет и страх устроить в течение десяти лет и потом содержать в течение восьмидесяти пяти лет указанную ему сеть железных дорог с одной лишь гарантией правительства за выручение 5% с определенных на сооружение сумм (275 млн. рублей) и с тем, что по миновании означенных сроков вся сеть обращается бесплатно в принадлежность казны» [4].

Помимо дорог Главного общества правительство разрешило отечественным предпринимателям строить небольшие железнодорожные линии второстепенного значения. Так, например, банкир А.Л. Штиглиц получил от правительства разрешение провести на собственные средства пригородную линию Петербург – Петергоф протяженностью 28 км.

В 1858 было образовано акционерное общество для устройства 75-километрового рельсового пути между Волгой и Доном (Царицын – Калач). Год спустя образовались еще две небольшие компании: одной из них разрешалось строить линию Рига – Митава (43 км), другой – Москва – Сергиево (75 км). В отличие от Главного общества строители этих линий не получили никакой гарантии дохода на затраченные капиталы.

Строительство железнодорожных линий Варшава – Бромбергская (145 км); и Рига – Динабург (218 км) также велось специально образованными для этих целей акционерными компаниями, которым была установлена государственная гарантия дохода, но не в 5%, как Главному обществу, а в 4,5%.

Концессию на сооружение Рязано-Козловской линии получил от правительства бывший директор правления Московско-Рязанской дороги П.Г. фон Дервиз.

Результаты первых лет эксплуатации таких дорог, как Московско-Нижегородская, Московско-Рязанская и Московско-Ярославская (до Сергиева) показали высокую доходность инвестиций в сооружение железных дорог. В 1867 г., например, Московско-Рязанская дорога на свои акции выплатила по 12% дивиденда, Московско-Ярославская – по 9%.

С 1867 г. в связи с успехами в строительстве и эксплуатации рельсовых путей появились сотни предпринимателей, желавших получить железнодорожные концессии.

Всего в 1866-1868 гг. Российским правительством были заключены договора с частными компаниями на сооружение 26 линий. Среди них были Курск – Киев, Курск – Харьков – Таганрог, Орел – Витебск, Поти – Тифлис, Москва – Смоленск – Брест. К 1872г. количество концессий почти удвоилось [1]. Интересно отметить, что в 1866 г. правительство выдало только 1 разрешение на изыскание линий, а в 1869 г. таких разрешений было уже выдано 139 [3]. Проектирование и строительство железных дорог осуществляли частные компании.

С 1861 по 1873 гг. в стране возникло 53 железнодорожных общества с акционерным капиталом 698,5 млн руб., тогда как компании промышленных предприятий имели акционерный капитал лишь 128,9 млн руб. Более 65% акционерного капитала, образованного в указанный период, приходилось на долю железнодорожного транспорта [1].

Поскольку в этот период государство осуществляло политику направленную на быстрое развитие железнодорожной сети – основы для оживления всей экономики страны, то, начиная с конца 60-х годов оно стало оказывать помощь частным железнодорожным обществам в таких масштабах, в каких она не осуществлялась в других странах и если первоначально железные дороги в России строились, в основном, за

счет частного капитала, то постепенно в этот сектор экономики во все больших размерах стали вкладываться государственные средства, т.е. стала складываться практика казенных заказов на строительство железных дорог

Правительственная опека частных железнодорожных обществ, способствовала тому, что в короткий срок рельсовый транспорт превратился в наиболее развивающуюся отрасль.

С момента пуска первой в России Царскосельской дороги до 1868 г. было введено в эксплуатацию 5116 км, в то время как за период с 1868 по 1872 гг. открылось для движения 9600 км, то есть за пятилетие было построено почти в два раза больше железнодорожных линий, чем за предыдущие тридцать лет [1]. В 1861 – 1891 гг. протяженность железных дорог возросла с 1500 до 28000 верст, были сданы в эксплуатацию ряд крупнейших железнодорожных магистралей в центре страны. Это линии: Москва – Орел – Курск – Лозовая – Ростов-на-Дону – Владикавказ; Лозовая – Севастополь; Москва – Смоленск - Брест; Москва – Воронеж – Грушевские Копи; Курск – Киев – Казатин – Жмеринка – Балта – Бирзула, соединившаяся с ранее построенной островной линией Одесса – Раздельная-Балта; Москва – Сергиево, продолженная позднее до Ярославля; Москва – Рязань – Сызрань; Орел – Витебск – Рига; Бахмач – Минск – Либава и др.

Эти магистрали соединили центральный экономический район России с важнейшими торговыми портами на Балтийском и Черном морях и судоходными реками, обеспечили транспортные связи между крупнейшими городами в центре страны. В 1872 г. вступила в строй островная железная дорога Поти – Тифлис, соединившая столицу Грузии с портом на Черном море. В 1865 – 1875 гг. ежегодно в России сооружалось по 1500 верст железных дорог, а в 1868-1872 гг. ежегодный прирост достиг 1900 км.

К 1899 г. общая протяженность железных дорог страны составляла 58 тыс. верст, и Россия вышла на второе место по протяженности железных дорог после США.

Политика правительства, направленная на создание режима наибольшего благоприятствования частному капиталу в вопросах строительства железных дорог и отсутствие жесткого контроля со стороны государства хотя и привела к интенсивному развитию железнодорожного транспорта, однако имела и отрицательные последствия.

Частные предприниматели не заботились о совершенствовании эксплуатации построенных линий. Между тем получение дивидендов по правительственным гарантиям существенно отягощало государственный бюджет. Кроме того, работа частных дорог вызывала беспокойство деловых кругов. Несогласованность действий соседних дорог, отсутствие единых норм и правил технической эксплуатации приводили к сбоям в движении поездов.

В 1880-1890-х годах правительством проводится, связанная с именем С.Ю. Витте, политика выкупа железных дорог у частных компаний и строительство новых исключительно за счет казны. К концу 1880-х годов относится формирование государственного механизма по финансовому надзору за деятельностью казенных и частных дорог, введение государственной монополии на железнодорожные тарифы.

С.Ю. Витте считал казенные дороги более эффективными. Если к моменту появления Витте в Петербурге частным акционерным обществам принадлежало более 70 % российских железных дорог, то к концу его пребывания на посту министра соотношение изменилось в прямо противоположную сторону и уже почти 70 % дорог были казенными и наполняли бюджет государства на 42%.

В 1889 г. в ходе проведения железнодорожно-финансовой реформы в Министерстве финансов организовали Департамент железнодорожных дел, в функции которого вошел финансовый надзор за деятельностью всех частных дорог.

На рубеж XX в. Россия вышла с железнодорожной сетью протяженностью свыше 52 тыс. км. По мере развития промышленности значение железных дорог в экономике страны все более возрастало. Однако их строительство и оснащение техническими средствами требовали огромных затрат. Источниками финансирования дальнейшего строительства линий являлись ресурсы казны, частных обществ и заграничные займы, увеличивавшие приток иностранного капитала.

Таким образом, анализируя опыт прошлого можно сделать вывод о необходимости привлечения частного капитала для строительства железных дорог, однако развитие железнодорожной сети должно вестись с участием и под контролем государства, т.е. строительство дорог должно вестись на принципах государственно-частного партнерства.

В заключении хочется отметить, что рост экономики страны невозможен без разветвленной и хорошо функционирующей железнодорожной сети. С.Ю. Витте, понимая значение железных дорог для экономики страны, при обсуждении проекта одной из линий железных дорог сказал: «Железная дорога, убыточная как отдельное предприятие, является частью весьма выгодною с точки зрения общей экономики государства ввиду того влияния, которое она оказывает на производительные силы страны, а за ними и доходы казны» [2].

Библиографический список

1. История железнодорожного транспорта в России. Т.1: 1836- 1917 гг. – СПб., 1994. – 336 с.
2. Железнодорожный транспорт: Энциклопедия. – М.: Большая Российская энциклопедия, 1994. – 559 с.
3. Журнал МПС. – 1863. – Т. 39, неофициальный отдел.
4. Журнал МПС. – 1870. – Т.14, Смесь. – С. 18-31.
5. Кислинский Н.А. Наша железнодорожная политика по документам архива Комитета министров. Т.1. – СПб., 1902.
6. Государственный архив Российской Федерации (ГАРФ), ф. 256, оп. 1.

УДК 378

СПЕЦИФИКА И ПРОБЛЕМЫ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ ЛОГИСТИЧЕСКОГО ПЕРСОНАЛА

Латышева Н.А.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет транспорта (МИИТ)» (Москва)

В условиях высоконкурентной и динамичной экономической среды профессия логиста – одна из самых ключевых и развивающихся профессиональных деятельностей. Эта профессия позволяет повысить цену товара или услуги без дополнительных затрат, расширить круг клиентов, стать конкурентоспособным. Логисты востребованы в транспортных и производственных компаниях самых разных сфер деятельности (строительство, медицина, торговля и др.).

Основная задача логиста – сократить до минимума расходы и издержки компании, рационально и эффективно распределить ресурсы предприятия, организовать доставку товара в нужное место, к определенному времени, с минимальными затратами.

Современная практика бизнеса показывает, что область профессиональной деятельности современного логиста – это уже не только традиционные и хорошо знакомые всем виды операционной деятельности, такие, например, как перевозка, оформление товарно-транспортных документов, комплектация заказа, хранение товаров на складе, погрузка-разгрузка транспортных средств, таможенная «очистка» грузов и т.п. В продвинутых компаниях логисты с учетом своего иерархического решают проблемы выбора и обоснования логистической корпоративной стратегии, адекватного применения логистических концепций и технологий, разработки оптимальных управленческих решений в функциональных областях логистики фирмы, выбора программного обеспечения поддержки логистики, оптимизации логистических бизнес-процессов и другими важными вопросами. Логист-профессионал создает эффективную логистическую систему компании, отвечающую современным сертификационным стандартам и клиентским требованиям. Логистический менеджмент неразрывно связан с общим корпоративным менеджментом и занимает одну из ключевых позиций, является залогом устойчивости и конкурентоспособности компании. На рынке труда такая ситуация активно проявляется с первой трети 21 века, а реально в России логистика как специальность, по мнению экспертов, развивается с 2000 года.

Функционал профессионала логистической сферы деятельности подразумевает такой спектр деятельности, как:

- мониторинг и анализ издержек;
- координация работы транспортного персонала;
- контроль автотранспорта, находящегося в собственности предприятия, учреждения;
- координирование грузоперевозок, запасов;
- составление маршрута виртуального и реального передвижения товаров;
- использование бухгалтерской программы 1С для ведения документооборота;
- формирование отчетов, дебиторской, кредиторской задолженностей;
- ранжирование продукции на складских терминалах;
- прогноз и перспектива оптимальной покупки/реализации товаров;
- участие во внешнеэкономической деятельности предприятия [1].

С одной стороны, логисты – это экономисты, управленцы, снабженцы. Они должны организовать закупку, транспортировку, хранение и сбыт продукции, причем по возможности без потерь, иметь представление о той отрасли материального производства, в которой существует его фирма или предприятие. С другой стороны, логисты должны обладать серьезной математической и компьютерной подготовкой. Ведь они обязаны рассчитать наиболее оптимальные схемы доставки и складирования товаров. С третьей – быть профессиональными коммутантами, так обязаны взаимодействовать с клиентами, находить клиентов, координировать действия различных сегментов логистической системы.

Принципиально важными профессиональными компетенциями для логистических должностей являются:

- логическое мышление;
- умение визуализировать;
- способность быстро принимать решение в нестандартных ситуациях;
- умение оптимизировать деловые взаимодействия;
- гибкость, обучаемость, адаптивность [2].

К сожалению, данные компетенции востребованы лишь в очень небольшом круге российских компаний. До сих пор огромное количество собственников и топ-

менеджеров российских компаний рассматривают логистику в основном как область операционной деятельности в сокращении издержек, недооценивая или не видя стратегических возможностей цепей поставок в контексте оптимизационного и конкурентоспособного инструмента.

В стране на настоящий момент существует разрыв между востребованностью специалистов в области логистики (особенно квалифицированных практиков в управлении цепями поставок) и количеством выпускников по данной специальности. Разрыв примерно составляет 30 к 1. В решении этой задачи огромная роль принадлежит системе профессиональной подготовки и переподготовки кадров. Эта система включает как первичное обучение логистическим специальностям, так и дальнейшее развитие профессиональных качеств в рамках сертификационного подхода.

Для внедрения логистических инноваций нужны хорошо обученные люди. В настоящее время в подавляющем большинстве компаний, работающих на российском рынке, высококвалифицированные логисты являются критическим ресурсом. Но с 2009 года в России логистика является профилем в менеджменте, в учебном плане которого преобладают дисциплины общего менеджмента. А ведь мировая практика рынка образовательных услуг показывает, что логистика и управление цепями поставок является самостоятельным направлением подготовки специалистов в большинстве промышленно развитых стран [1].

Так как в сфере компетенции логистического менеджмента включены все виды потоков (материальные, финансовые, информационные) и затронуты разнообразные аспекты деятельности (от экономико-организационных до психологических и др.), то логист должен обладать многими серьезными компетенциями. В условиях глобализации, увеличения угроз и рисков, усиления конкуренции изменились требования к логистической квалификации в сторону все большей напряженности и стратегической сопряженности [3]. Даже чисто национальные компании в области логистики стремятся соответствовать международным стандартам, оценивая возможных кандидатов на вакантные места и уже работающих по мировым критериям и квалификационным требованиям. Речь идет о сертифицировании деятельности логиста в соответствии с его профессиональным функционалом.

Еще в начале 80-х годов прошлого века Европейская логистическая школа выработала систему требований к знаниям, навыкам и умениям логистов различных уровней функционирования. В основу такой системы положены не только профессиональные навыки, но и личностные качества и способности: умение ставить четкие цели, лидерство, ориентация на результат, сбор и анализ информации, генерирование и накопление идей, навыки коммуникации, умение работать в команде, адаптивность к изменениям, личностное развитие и др. [4].

В Европе разработана и действует выстроенная система подготовки и сертификации логистов разного уровня иерархии менеджмента компаний. В стандартах прописаны: Supervisory/Operationallevel или ElogSO – контролирующий (операционный логист); Seniorlevel или ElogSE – старший логист; StrategicLevel или ElogST – логист стратегического уровня. Уровень ElogSO – специалист должен знать основы логистики и управления цепями поставок: транспортировку, таможенные формальности, складскую деятельность, информационные технологии, понимать логистические стратегии и процессы, взаимосвязь между логистическими системами и внутри них (общие знания), а также знать общие принципы работы программного обеспечения для ведения складского и бухгалтерского учета.

Уровень ElogSE – помимо вышеперечисленных знаний, специалист должен обладать специальными практическими навыками и знаниями в функциональных областях

логистики, быть способным оптимизировать логистические процессы в своей сфере ответственности.

Уровень ElogST – специалист в дополнение к знаниям по двум предыдущим уровням должен в совершенстве знать методологию закупки, международное и национальное транспортное право, международное и национальное таможенное право, методы (технологии) сбытовой деятельности различных товаров (услуг), финансовый менеджмент, информационные технологии по электронному обмену данными, принципы работы автоматизированных систем поддержки логистической деятельности и отвечать за другой персонал исполнителя логистических услуг.

В России подобная практика реализуется в Национальном сертификационном комитете по логистике при НИУ ВШЭ в Москве. Процедура оценки и сертификации ориентирована на стандарт европейской сертификации. Наличие международного сертификата ELA / ECBL свидетельствует о том, что его владелец отвечает требованиям, которые предъявляют к логистам работодатели во всем мире.

Исследования характера профессиональной карьеры выпускников – бакалавров по профилю «Логистика и управление цепями поставок» показывают множество трудностей как при устройстве на работу, так и в процессе трудовой жизни. При востребованности логистических профессий, вчерашнего выпускника компании берут неохотно. Работодателю желательно иметь сразу сертифицированного универсального специалиста. Да и сам выпускник имеет слабое представление о своем функционале, несмотря на теоретическую подготовку. Проблемы возникают со стилем работы, интеллектуальным развитием специалиста и пониманием своего места в логистике. В небольших компаниях логист может выполнять множество функций. Не всегда службы управления персоналом компании занимаются адаптацией новичка.

Существенная разница в представлениях и ожиданиях о логистической профессии имеется между обучающимися бакалаврами по профилю «Логистика и управление цепями поставок» и магистрами по направлению «Менеджмент логистических систем». Первые часто приходят учиться, не имея четкой профессиональной ориентации, исходя из модности профессии. Они получают правильное представление или уже устроившись на работу, или в процессе учебной практики в логистической компании. Магистранты же, как правило, имея уже одну специальность и опыт работы в других областях менеджмента, знают, что ждут от учебы и дальнейшей работы. Они более нацелены на освоение всего круга навыков и компетенций, на прохождение сертификации. Такие притязания соответствуют мировым общепринятым тенденциям – обслуживать потребителей на конкурентно высоком уровне с минимальными общими издержками. Крайне необходимо, чтобы в структуре бакалавриата утвердились нормативные параметры характера и прохождения профессиональной практики в процессе обучения. Положительный опыт имеется в некоторых развивающихся и продвинутых российских компаниях, которые в этой сфере тесно сотрудничают с факультетами вузов. Примером может служить сотрудничество ООО «Трансойл» и ПГУПС, организующих авторские классы, служебную деятельность и другие виды обучающих работ со студентами. Подобная деятельность соответствует современным тенденциям подготовки почти готового специалиста для компании.

В России утвердились современные методы оценки и подготовки специалистов в области логистики в соответствии с передовыми общемировыми компетентностными требованиями. Огромная роль в этой деятельности принадлежит логистической школе НИУ ВШЭ. Основываясь на их методологии, можно грамотно оценивать и готовить высокопрофессиональных логистов. Такой подход сделает национальную логистическую систему конкурентоспособной.

Библиографический список

1. Дыбская В.В., Зайцев Е.И., Сергеев В.И., Стерлигова А.Н. Логистика. Полный курс МВА. – М.: Эксмо, 2014.
2. Латышева Н.А. Логистика как система ценностей и коммуникационный процесс в глобальном пространстве // Логистика и безопасность России. – М.: МАКС Пресс, 2016.
3. Охотников И.В., Сибирко И.В. Риск-менеджмент на железнодорожном транспорте в условиях реформ. – М.: МАКС Пресс, 2013.
4. Некрасов А.Г. Основы менеджмента безопасности цепей поставок: учеб. пособие / А.Г. Некрасов. – М.: МАДИ., 2011. – 130 с.

Содержание

<i>Краснощек А.А., Панычев А.Ю., Рыбин П.К.</i> Мировые тенденции развития морских портов, припортовых железнодорожных узлов и подходов к ним.....	3
<i>Голоскоков В.Н.</i> О развитии железнодорожной инфраструктуры и логистических технологиях в рамках транспортных коридоров.....	12
<i>Ромашов И.В., Соколов В.М.</i> Организация перевозки нефтеналивных грузов в адрес морских портовых комплексов	18
<i>Дорофеевский С.А.</i> О развитии инфраструктуры и логистических технологий на полигоне Октябрьской железной дороги.....	23
<i>Бородин А.Ф., Бушминкин В.С., Лукина Н.В., Полякова М.Н., Поречина И.А.</i> Эффективные параметры перспективного развития железнодорожных подходов к портам Северо-Запада России	27
<i>Милюшкан Ю.А., Рочев Н.А., Федорова Ю.В.</i> Развитие железнодорожных подходов к портам Северо-Западного региона до 2025-2030 годов	35
<i>Котиков Ю.Г.</i> Концепция мультипортовой мультимодальной полицентрической системы Ленинградского региона	38
<i>Ворохов О.М.</i> Развитие железнодорожной инфраструктуры на подходах к железнодорожно-паромному комплексу в г. Балтийск с учетом строительства новых паромов	46
<i>Кучинский Д.Г., Волков А.В.</i> Управление цепью поставок грузов в порты Азово-Черноморского бассейна на основе логистических принципов	53
<i>Дмитриев Е.О., Николаев К.Ю., Петров А.С.</i> Оценка технологических решений по распределению перспективных поездопотоков на подходах к портам Азово-Черноморского бассейна	59

<i>Числов О.Н., Безусов Д.С.</i> Новороссийский железнодорожный узел – ключевой фактор обеспечения стабильности грузоперевозок в адрес морских портов региона	64
<i>Благоразумов И.В.</i> Инфраструктурные проекты Забайкальского края. Освоение Зашуланского угольного месторождения	73
<i>Горбунов Г.Г.</i> Перспективное развитие сортировочных станций на подходах к портовым комплексам	78
<i>Бородина Е.В.</i> Обоснование эффективных параметров сортировочной и поездной работы в припортовых железнодорожных узлах	81
<i>Четчуев М.В., Четчуева В.Г.</i> Анализ вариантов передачи груза при взаимодействии видов транспорта	86
<i>Матюшенко Е.С.</i> Транспортные коридоры	88
<i>Мальшев Н.В.</i> Перспективы развития порта Зарубино как части международного транспортного коридора «Приморье-2» и модернизация железнодорожных подходов к нему	93
<i>Тарасов П.И., Хазин М.Л., Голубев О.В.</i> Евразийский транспортный коридор по территории двух стран: России и Китая	98
<i>Ряполова А.В., Кобозева Н.Г.</i> Определение оптимального расположения заготовительного центра с целью повышения эффективности работы компании	102
<i>Золотникова А.Д., Ахмедов Р.Р., Федоров В.П.</i> Перспективы развития систем управления перевозками путем внедрения полигонной технологии на сети железных дорог Российской Федерации	108
<i>Климова Е.В.</i> Исследование сфер эффективности применения двухпутных вставок при различных типах графика	115

<i>Кулакова Ю.В.</i> Исследование вагонопотоков для выделения основных направлений перевозок грузов	120
<i>Пазойский Ю.О., Савельев М.Ю., Кубрак А.А., Куртикова Э.Р.</i> Установление нормативов времени на подготовку составов в рейс и экипировку в условиях эксплуатации пассажирских поездов дальнего следования со схемами постоянного формирования	125
<i>Рыбин П.К., Горин Р.В.</i> Прогнозирование времени хода поездов для задачи оперативного подвода поездов к припортовым станциям	133
<i>Свицкий Д.А.</i> Методика расчета конструктивных и технологических параметров специализированных сортировочных устройств для многогруппной сортировки	140
<i>Корниенко К.И.</i> Совершенствование алгоритма расчета точки остановки отцепы в сортировочном парке	148
<i>Богданович Д.Е.</i> Обоснование развития железнодорожных станций методом имитационного моделирования	151
<i>Шепель А.С.</i> Исследование влияния учета посекционного размыкания стрелочных переводов в станционной горловине на её расчётную пропускную способность	157
<i>Хомоненко А.Д., Яковлев Е.Л., Арчаков С.Н.</i> О навигации мобильных робототехнических комплексов и беспилотных летательных аппаратов транспортных логистических систем	161
<i>Яо Ду, Хомоненко А.Д., Гаврилова Н.А.</i> О позиционировании роботов в логистических центрах на основе использования лидаров с обработкой изображений	164
<i>Аксёничков А.А.</i> Использование информационных технологий при оценке пропускной способности инфраструктуры железнодорожного транспорта	168

<i>Костенко В.В., Тимченко В.С., Хомич Д.И.</i> Система поддержки принятия решений при определении длительности отвлечения локомотивов для ремонта железнодорожного пути	172
<i>Маликов З.М., Хаджимухаметова М.А.</i> Методика расчета эффекта инъекции при создании циркуляции воздуха внутри модифицированного контейнера	180
<i>Абдулкерим М.А.</i> Развитие железных дорог в Федеративной Демократической Республике Эфиопии	185
<i>Захаров В.Б., Черняев Е.В.</i> Анализ мировой практики использования различных конструкций железнодорожного пути на ВСМ и целесообразность их применения на линии Москва – Казань	188
<i>Богомолова Н.Н., Брынъ М.Я., Никитчин А.А., Шульман Д.О., Сухарев И.И.</i> О деформационном мониторинге объектов инфраструктуры ВСМ Москва – Казань	194
<i>Басовский Д.А., Пеньщикова С.В.</i> Железнодорожные стрелочные переводы для скоростных и высокоскоростных магистралей	196
<i>Бушуев Н.С., Поляков Н.Е.</i> Предложение по совершенствованию прогноза пассажиропотока на направлениях, перспективных для сооружения ВСМ	200
<i>Скутин А.И., Гаймалудинов А.А.</i> Технические решения при проектировании ВСМ Екатеринбург – Нижний Тагил	204
<i>Титова Т.С., Тинус А.М.</i> Охрана окружающей среды при строительстве ВСМ Москва – Казань	207
<i>Палкина Е.С.</i> Распределение рисков в проектах государственно-частного партнерства в сфере развития высокоскоростного железнодорожного движения	214
<i>Бушуев Н.С., Шульман Д.О.</i> Оценка перспектив развития высокоскоростного железнодорожного и авиационного транспорта на направлении Москва – Санкт-Петербург	219

<i>Иголкин Г.В., Пегин П.А.</i> Перспективы использования вакуумного поезда (hyperloop) в России	223
<i>Фёдорова М.В.</i> Преимущества городского скоростного пассажирского транспорта	226
<i>Атаев П.Г.</i> Внутригородские пассажирские железнодорожные перевозки: потенциал развития в Санкт-Петербурге	230
<i>Аккерман Г.Л., Скутина М.А.</i> Влияние отступлений в плане на устойчивость бесстыкового пути	237
<i>Аллысова В.А., Шкурников И.С.</i> Анализ устойчивости обвально-оползневых склонов	239
<i>Гришина Л.А., Зайцев А.А.</i> Перспективы в применении теплоизоляционных материалов в транспортном строительстве	245
<i>Коксюк Е.А., Скутин Д.А.</i> Влияние неровности на рельсах на движение подвижного состава по криволинейному участку пути	251
<i>Прищепа Е.И., Шкурников С.В., Морозова О.С., Голубцов В.А.</i> Оптимизация доставки путевого балласта на участки БАМ	255
<i>Бобарыкин П.В., Немченко Т.М.</i> Управление техническим состоянием сети существующих и новых железных дорог на предпроектной стадии	262
<i>Казанская Л.Ф., Фролова Д.С.</i> Учет экономических параметров при проведении сертификации транспортных услуг	264
<i>Филиппов А.Г.</i> К вопросу учёта перспективы развития путепроводных развязок	267
<i>Скутина О.Л., Рабец М.А.</i> Определение количественного состава парка путевых машин ДРЭПМ ЮУЖД с учетом математического расчета объемов работ	274
<i>Бобарыкин П.В., Немченко Т.М.</i> Расчет экономической эффективности строительства новых и реконструкции существующих железных дорог	279

<i>Стерхов Д.М.</i> Применение метода динамического программирования для определения этапности развития железнодорожных станций	280
<i>Казанская Л.Ф., Джаруллаев Р.Д.</i> Организационно-экономическая концепция внедрения качества транспортного обслуживания	285
<i>Кизляк О.П., Смирнова В.А.</i> Бенчмаркинг как метод анализа логистических затрат предприятия	288
<i>Суровцева О.Б., Свинцов Е.С., Лебедева Е.А.</i> История государственно-частного партнерства при строительстве железных дорог	290
<i>Латышева Н.А.</i> Специфика и проблемы формирования компетенций логистического персонала	293

Научное издание

Вторая международная научно-практическая конференция

**РАЗВИТИЕ ИНФРАСТРУКТУРЫ
И ЛОГИСТИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ
В ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМАХ
(РИЛТТРАНС-2017)**

Санкт-Петербург, 4-6 октября 2017 г.

Сборник трудов

Под общей редакцией канд. экон. наук А.А. Краснощёка
и канд. техн. наук П.К. Рыбина