

656.212.5
П 781

ПРОБЛЕМЫ ПЕРСПЕКТИВНОГО РАЗВИТИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ СТАНЦИЙ И УЗЛОВ

Международный сборник научных статей

656,212,5
П 781

МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА И КОММУНИКАЦИЙ
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»

Памяти

*доктора технических наук, профессора,
заслуженного деятеля науки и техники БССР,
дважды Почетного железнодорожника,
Лауреата премии Гособразования СССР,
Почетного транспортника Беларуси,
Почетного профессора БелГУТа,
Почетного профессора ПГУПС,
Почетного профессора МГУПС
ПРАВДИНА НИКОЛАЯ ВЛАДИМИРОВИЧА*



147 165
591 441

ПРОБЛЕМЫ ПЕРСПЕКТИВНОГО РАЗВИТИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ СТАНЦИЙ И УЗЛОВ

Международный сборник научных статей

Под общей редакцией доктора технических наук **А. К. ГОЛОВНИЧА**

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ
БИБЛИОТЕКА БЕЛГУТА

Гомель 2017

УДК 656.212.5
1178

Рецензент – декан факультета «Управление перевозками и логистика» канд. техн. наук, доцент **О. П. Кизляк** (Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I»)

Рекомендовано к изданию Советом Белорусского государственного университета транспорта (выписка из протокола от 16 ноября 2017 года № 10).

Проблемы перспективного развития железнодорожных станций и узлов : междунар. сб. науч. ст. / М-во трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп.; под общ. ред. д-ра техн. наук А. К. Головнича. – Гомель : БелГУТ, 2017. – 149 с.

ISBN 978-985-554-707-6

В сборник включены научные статьи ученых транспортных вузов по актуальным проблемам развития железнодорожных станций и узлов, которыми всю свою жизнь продуктивно занимался доктор технических наук, профессор Николай Владимирович Правдин.

Для аспирантов и научных работников, занимающихся проблемами развития железнодорожных станций и узлов.

УДК 656.212.5

ISBN 978-985-554-707-6

© Оформление. БелГУТ, 2017

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	5
<i>Вакуленко С. П.</i> Развитие социально значимых пригородных перевозок на Российских железных дорогах.....	8
<i>Власюк Т. А.</i> Транспортные проблемы крупных городов в исследованиях профессора Н. В. Правдина.....	12
<i>Климов А. А., Карасев С. В.</i> Проектирование устройств сортировочной станции в различных уровнях.....	17
<i>Каширцева Т. И.</i> Система критериев оптимизации технико-технологической структуры ПТС.....	28
<i>Головнич А. К.</i> Базовые правила функционирования объектов трехмерной технологической модели станции.....	33
<i>Дзюба И. С.</i> Моделирование движения вагонов при роспуске с сортировочной горки.....	38
<i>Колин А. В., Сидраков А. А., Савельев М. Ю., Гончаров Д. В.</i> Увеличение пропускной способности пригородных участков за счет модернизации горловин тупиковых пассажирских станций.....	45
<i>Головнич А. К., Климов А. А., Карасев С. В.</i> Проектирование устройств железнодорожных станций в различных уровнях с учетом экологических аспектов производственных процессов.....	53
<i>Карасёв С. В.</i> Особенности развития инфраструктуры железных дорог Северной Америки и России как фактор формирования новых подходов к определению путевого развития и пропускной способности.....	58
<i>Савочкин С. В.</i> Особенности организации закрепления составов на сортировочных станциях.....	64
<i>Папойский Ю. О., Абдуллаев И. С.</i> Анализ проблем технического оснащения пассажирских станций и технологии их работы.....	68
<i>Ефименко Ю. И., Рыбин П. К., Четчуев М. В.</i> Особенности оптимизации этапности развития станций и узлов в условиях неопределенности исходной информации.....	75
<i>Бессоненко С. А., Танайно Ю. А.</i> Оптимизация работы сортировочной станции при движении поездов по твердым ниткам графика с использованием «ядра»....	80
<i>Числов О. Н., Безусов Д. С.</i> Инфраструктурно-технологическое взаимодействие в системе организации мультимодальных грузоперевозок.....	86
<i>Задорожний В. М.</i> Методы анализа и оценки рынка оперирования подвижным составом (на примере юга России).....	95
<i>Трапенов В. В.</i> Транспортные узлы крупных городских агломераций.....	102
<i>Хан В.В.</i> Выбор метода прогнозирования перевозок грузов в основных железнодорожных узлах СКЖД – филиале ОАО «РЖД».....	112

Голубев П. В., Телятинская М. Ю. Применение САПР AutoCAD для автоматизации проектирования элементов железнодорожных станций.....	123
Еловой И. А., Петрачков С. А., Потылкин Е. Н. Влияние избытка парка вагонов грузоотправителей и грузополучателей на работу станции и их взаимодействие с путями необщего пользования	127
Кекиш Н. А. Повышение эффективности процесса обучения проектированию железнодорожных станций и узлов с использованием инструментов WEB 2.0.....	131
Иванов-Толмачев И. А. Направления развития скоростного и высокоскоростного движения в России	139
Гончар М. А. Повышение эффективности использования станционных путей за счет электронного документооборота на Белорусской железной дороге.....	145

ВВЕДЕНИЕ

Данный сборник научных статей является продолжением традиций станционной науки транспортных вузов, у истоков которых стоял доктор технических наук, профессор Н. В. Правдин.

Профильная научно-исследовательская лаборатория БелИИЖТа на протяжении нескольких десятков лет под руководством доктора технических наук, профессора, заслуженного деятеля науки и техники БССР, дважды Почетного железнодорожника, Лауреата премии Гособразования СССР, Почетного транспортника Беларуси, Почетного профессора БелГУТА, Почетного профессора ПГУПС, Почетного профессора МГУПС Н. В. Правдина выполняла целый ряд важных проектов по разработке генеральных схем развития всех крупных железнодорожных узлов Белоруссии, а также ряда узлов на дорогах Российской Федерации. По результатам научных исследований на кафедре регулярно проводились научные семинары и конференции, публиковались статьи и книги, а многие сотрудники лаборатории на основе этих работ защитили кандидатские диссертации. Коллектив лаборатории поддерживал постоянные тесные контакты со всеми транспортными вузами бывшего Советского Союза. География командировок сотрудников лаборатории была самой широкой – от Бреста до Владивостока и от Архангельска до Тбилиси.

Созданная Н. В. Правдиным в БелИИЖТе школа станционников утверждала себя в тесных связях с МИИТом, ЛИИЖТом и другими вузами не только в науке, но и в педагогике, разрабатывая новые учебники, учебные, методические и практические пособия, пользовавшиеся ранее и пользующиеся сейчас популярностью среди студентов и преподавателей многих транспортных вузов, а также за рубежом. В них использованы результаты многолетних теоретических и практических исследований, проведенных под руководством Николая Владимировича.

Николай Владимирович всегда старался способствовать активному внедрению новых идей в практику и методику преподавания станционных дисциплин. Огромное значение для повышения уровня образования и подго-

товки инженеров-транспортников имеют созданные им и его учениками комплексы учебников и учебных пособий по проектированию железнодорожных станций и узлов, несколько изданий задачников по станциям и взаимодействию различных видов транспорта в узлах, автоматизации проектирования.

Его всегда отличала широта взглядов на различные научные проблемы, умение распознать правильное направление развития научных идей, точно указать на ошибки и недоработки. Благодаря этим качествам многие его ученики смогли быстро освоить трудную науку и практику проектирования, а также развить ее по многим направлениям.

Н. В. Правдин не только талантливый ученый и высокопрофессиональный педагог, но и прекрасный литератор. В арсенале его трудов рассказы повести, заметки, статьи о железнодорожном транспорте, о славной профессии железнодорожника. Читателей всегда привлекали языковая точность и выразительность идей, которые раскрывал Н. В. Правдин. Если речь шла о популяризации профессий транспортника, то автор всегда находил меткое, запоминающееся изречение, которое навсегда оставалось в памяти учащихся школ и абитуриентов как красивый образ романтики путешествий и сопутствующий ему, не менее романтический, но серьезный образ профессионала-управленца, обеспечивающего эти путешествия.

Николай Владимирович писал юмористические и детские рассказы, отличающиеся оригинальностью и завораживающим сюжетом, в который умело вплетались сказочность места действия и реальность процессов организации работы транспорта. Всего нескольких метких набросков и легких штрихов характера героев его произведений оказывалось достаточно, чтобы увидеть действительный портрет представителей нелегких профессий железнодорожников.

В свое время Николай Владимирович сделал целую подборку изречений и афоризмов (в том числе и своих собственных), которые раскрывают его широкую натуру как эрудированного, высокоинтеллектуального и творческого человека, обладающего незаурядными литературными и педагогическими способностями, который может точно подметить завуалированные мысли классиков. Он стремился постоянно пополнять свои знания из различных источников. Бывая по долгу службы в командировках, он при всей своей занятости находил время для знакомства с культурной жизнью Минска и Новосибирска, Риги и Одессы, Москвы и Свердловска, историческими достопримечательностями городов, посещения музеев, вернисажей и театров.

В качестве внештатного корреспондента газеты "Известия" по БССР профессор Н. В. Правдин публиковал статьи по широкому кругу проблем железнодорожного транспорта, награжден медалью газеты "За творческие успехи". В течение длительного периода был членом Союза журналистов СССР. Н. В. Правдин вел большую общественную работу. Занимал долж-

ность зам. председателя комиссии Научно-технического совета Министерства путей сообщения по станциям и узлам, был членом НТС, многие годы был членом и заместителем председателя методической комиссии ГУУЗа МПС, также членом экспертной комиссии ВАК СССР по транспорту, членом ученых советов ряда вузов СССР, в том числе Московского энергетического института. В течение ряда лет возглавлял Гомельское отделение Советского фонда культуры.

Разноплановая деятельность профессора Н. В. Правдина высоко оценена государством. За заслуги в науке и педагогике, за большую работу по воспитанию кадров для Беларуси он многократно награждался грамотами ректората, начальника дороги, горкома, обкома и ЦК КПБ Белоруссии, министров высшего образования и путей сообщения, рядом медалей правительства СССР.

С 1998 года он работал в Московском государственном университете путей сообщения, где пользовался большим авторитетом. Но с родным университетом его связывали самые тесные узы. Продолжалась совместная работа с учениками по подготовке и изданию статей в межвузовских сборниках научных трудов БелГУТа, МГУПС (МИИТа), СПГУПС (ЛИИЖТа), а также публикаций в транспортных российских изданиях и новых редакций учебников и учебных пособий. Н. В. Правдин являлся членом специализированного совета БелГУТа по защите кандидатских и докторских диссертаций. Николай Владимирович часто говорил, что учитель не тот, кто учит, а у кого учатся. И в нашей памяти останется слава Ученого и духовное наследие Учителя, которые позволят нам уверенно идти в будущее, помогая эффективно решать насущные проблемы железнодорожного транспорта.

ISBN 978-985-554-707-6. Проблемы перспективного развития железнодорожных станций и узлов. Гомель, 2017

УДК 656.224(-214) (470)

С. П. ВАКУЛЕНКО

Российский университет транспорта (МИИТ)

РАЗВИТИЕ СОЦИАЛЬНО ЗНАЧИМЫХ ПРИГОРОДНЫХ ПЕРЕВОЗОК НА РОССИЙСКИХ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГАХ

Социально значимые пассажирские перевозки на железнодорожном транспорте – особая категория, для которой неприменима общая тарифная политика, связанная с возмещением затрат пассажирами. Поэтому в этом направлении комплексно исследуются различные проблемы развития инфраструктуры железнодорожных станций и узлов, обеспечивающих социально значимые перевозки.

В настоящее время пассажирские перевозки в пригородном сообщении подразделяются на социально значимые перевозки пассажиров (по регулируемым тарифам для льготных категорий пассажиров) и коммерческие перевозки (по нерегулируемым тарифам). В рамках развития пригородного пассажирского комплекса государственной программы предусматривается достижение безубыточности перевозок за счет эффективной тарифной политики. Однако прямым повышением платы за проезд одной пригородной зоны решить проблему нельзя. Правомерно выделение особой категории экономически невыгодных, но социально значимых перевозок. При этом стоит важная задача развития этих перевозок по заказам субъектов Российской Федерации с определением объема заказа на перевозки льготных групп пассажиров и пассажиров, перевозимых по регулируемым тарифам, требований к организации и качеству перевозок, уровню тарифов для потребителей. Нерешенной является задача разработки системы компенсаций за счет средств федерального и регионального бюджетов, нивелирующих потери в доходах, связанных с перевозками льготных категорий пассажиров и перевозками по регулируемым тарифам. Убытки от пригородных перевозок должны сокращаться за счет совершенствования механизма компенсации расходов от перевозки федеральных льготников и от регулирования тарифов на уровне ниже себестоимости.

Например, пригородные перевозки на ОАО «Российские железные дороги» и на целом ряде дорог СНГ и Европы до сих пор остаются убыточными по различным причинам. Одной из них является попытка сохранить низкие тарифы для малообеспеченных категорий населения, активно пользующихся пригородным железнодорожным транспортом для своих целей. Поэтому транспорт вносит свою лепту в государственную программу обеспечения социальной защищенности этих слоев населения.

Наличие регионов России с крайне низкой платежеспособностью населения и отставанием экономического развития от средних темпов по стране требует от ОАО «РЖД» сохранить тарифное регулирование с решением проблемы монетизации предоставляемых льгот. Это позволит обеспечить полный переход на денежные формы расчетов. Анализ статистических данных свидетельствует о тенденции к увеличению убыточности в сфере пригородных пассажирских перевозок. Доходы от пассажирских перевозок в пригородном сообщении в 2015 году снизились по сравнению с 2014. При этом соответствующие расходы увеличились, что привело к росту убыточности пригородных перевозок. Таким образом, пригородные пассажирские перевозки остаются убыточными, что свидетельствует о нарастании негативных тенденций в динамике уровня покрытия расходов доходами.

Необходимость выполнения социально значимых перевозок невозможно обосновать экономически. По причине высокой доли от общего объема пригородных пассажиров (до 40 % и более) и их относительно низкой платежеспособности железная дорога вынуждена поддерживать стоимость проезда этой категории пассажиров ниже себестоимости перевозок (до 30–50 %). Увеличение благосостояния населения позволяет формировать динамическую шкалу тарифа на пригородные перевозки. Однако увеличение стоимости проезда на пригородных зонах имеет место и при негативных проявлениях в экономике страны, приводящих к росту инфляции и возрастанию доли населения с пороговыми значениями прожиточного минимума. Тем не менее, в любом случае социально значимые пригородные перевозки следует обеспечивать за счет дотаций только в силу того, что защищенность малообеспеченных слоев населения является одной из первоочередных задач развитого демократического государства. Речь идет лишь о доле пригородных пассажиров, способных платить заявленную стоимость одной пригородной зоны и способах монетизации льготных пассажиров.

По сути, вся категория социально значимых пригородных перевозок может быть отнесена к льготной, дотируемой из прибыли железнодорожных компаний или из бюджета. Экономически социально значимые перевозки неосостоятельны. По крайней мере, для условий Российских железных дорог и Российской Федерации нельзя только экономически обосновать необходимость их исполнения. Социальная мотивация должна навсегда сформировать у

органов власти неизблемое правило: удерживать пригородный тариф на некотором стабильном уровне с максимальным привлечением дотаций для перевозки заявленного объема пригородных пассажиров. В идеальном случае должна быть 100%-ная обеспеченность социального заказа на пригородные перевозки, и чтобы любой человек, имеющий высокие или низкие миграционные потребности, мог воспользоваться услугами железнодорожного транспорта без высоких затрат своего семейного бюджета.

Опыт взаимодействия предприятий и администраций регионов свидетельствует о потенциальной возможности совместного решения социально-экономических региональных проблем в целях повышения качества жизни и о потенциале связей транспорта с внешней средой. Начинает развиваться система государственного заказа на обслуживание населения пригородным железнодорожным транспортом. В первоочередной госзаказ включаются наиболее убыточные участки железной дороги, которые имеют важное социально-экономическое значение для населения конкретного региона. Внедрение системы госзаказа позволит отменить государственное регулирование тарифов на перевозки пригородных пассажиров и сохранить пригородное железнодорожное сообщение на участках с незначительным объемом пригородного движения, которые перевести в категорию прибыльных невозможно.

Практически доказано, что убыточность можно существенно снизить благодаря ряду организационно-технических мер. Например, на направлениях с маломощными пригородными потоками на маршрут выходят более экономичные рельсовые автобусы. Наряду с увеличением коэффициента использования вместимости значительно возрастает качество обслуживания. С введением госзаказа областной бюджет сможет целенаправленно вкладывать средства в поддержку конкретных социально значимых маршрутов на выгодных для себя условиях.

Принято решение о необходимости правового регулирования социально значимых пассажирских перевозок железнодорожным транспортом и принятия соответствующих нормативно-правовых актов, регламентирующих определение критериев отнесения пассажирских перевозок к социально значимым; механизма компенсации потерь перевозчика при осуществлении социально значимых перевозок железнодорожным транспортом органа исполнительной власти, наделенного правом принятия решения о признании перевозок социально значимыми; заказчика социально значимых перевозок; прав и обязанностей заказчика и перевозчика и т.д. Рекомендовано органам исполнительной власти субъектов Российской Федерации предусмотреть возможность создания транспортных комиссий в субъектах Российской Федерации по вопросам развития транспортной инфраструктуры и социально значимых перевозок.

На практике многие транспортные предприятия различного уровня подчинения уже решают данную проблему. Мурманское отделение Октябрьской железной дороги в 1990-е годы на договорных отношениях с администрацией Кандалакши начали осуществлять движение пригородных электропоездов на участках Апатиты – Имандра, Кандалакша – Пояконда, Апатиты – Африканда, Кандалакша – Африканда. Администрации городов активно инвестировали пригородные пассажирские перевозки посредством установления отдельных льгот для линейных структурных подразделений Мурманского отделения дороги. Например, между администрацией «Колэнерго» и Мурманским отделением в течение ряда лет действовал договор о льготном тарифе на электроэнергию для пригородных перевозок. Доля электроэнергии для пригородных электропоездов устанавливалась в соответствии с объемом выполненной тонно-километровой работы брутто.

Изменяется отношение к социально значимым пригородным перевозкам не только в Российской Федерации. Например, в Министерстве транспорта и коммуникаций Республики Казахстан в целях удовлетворения потребности населения в пассажирских перевозках пересмотрен перечень маршрутов социально значимых межобластных и пригородных сообщений. Общая практика субсидирования убытков перевозчиков, возникающих по социально значимым сообщениям, в Казахстане применяется с 2005 года. При этом перевозчиков, убытки которых подлежат субсидированию из республиканского бюджета, определяет тендер. Так, в 2006 году был организован тендер по 61 социально значимому маршруту. В тендере принимали участие не только государственные, но и частные перевозчики. С учетом возрастающего объема пассажирооборота на железнодорожном транспорте формируется бюджетная заявка для субсидирования железнодорожных пассажирских перевозок по социально значимым межобластным и пригородным сообщениям Казахстанских железных дорог.

Европейские государства не только компенсируют убытки от пассажирских перевозок, но и платят за использование железнодорожной инфраструктуры. Например, в Австралии – в размере 80 %, Голландии и Дании – 100 %. Логика таких действий основывается на том, что поезд является очень хорошей альтернативой экологически затратным автомобильным перевозкам. Поэтому автомобильный транспорт, который больше всего загрязняет окружающую среду, должен делиться прибылью от своих перевозок с железнодорожным транспортом.

Таким образом, мировая и отечественная практика показывает важность гуманитарной миссии железнодорожного транспорта, планомерно и целенаправленно проводящей политику эффективного внедрения социально значимых пассажирских перевозок, способствующих повышению роли железнодорожного транспорта в конкурентной борьбе с другими видами транспорта, закрепляющего ключевые стратегические позиции на перспективу.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Пазойский, Ю. О. Пассажи́рские перевозки на железнодорожном транспорте (примеры, задачи, модели, методы решения) / Ю. О. Пазойский, В. Г. Шубко, С. П. Вакуленко. – М. : УМЦ на ж. д. трансп., 2009. – 342 с.

2 Вакуленко, С. П. Оценка целесообразности формирования логистических систем обслуживания пассажиров / С. П. Вакуленко, Е. В. Копылова, А. Ю. Белянкин // Мир транспорта. – 2015. – № 2. – С. 122–126.

Получено 28.01.2016.

ISBN 978-985-554-707-6. Проблемы перспективного развития железнодорожных станций и узлов. Гомель, 2017

УДК 656.224. (-214)

Т. А. ВЛАСЮК

Белорусский государственный университет транспорта (БелГУТ)

ТРАНСПОРТНЫЕ ПРОБЛЕМЫ КРУПНЫХ ГОРОДОВ В ИССЛЕДОВАНИЯХ ПРОФЕССОРА Н. В. ПРАВДИНА

Работа пассажирского транспорта во многом определяет социально-экономический потенциал городов, способствует их развитию, а также расширяет взаимосвязи между отдельными городами и населенными пунктами, являющимися их пригородами, что требует эффективного взаимодействия различных видов пассажирского транспорта, рационализации транспортных связей городов и их пригородных зон с учетом сложившихся условий. Данные аспекты представлены в научных трудах доктора технических наук, профессора Н. В. Правдина, в которых отражены стратегические направления развития имеющейся инфраструктуры железнодорожного транспорта, что позволило организовать рациональные схемы транспортного обслуживания населения и повысить конкурентоспособность железной дороги.

Устойчивое территориальное развитие городов невозможно без транспорта, обеспечивающего удовлетворение потребностей населения и экономики в транспортных услугах. Взаимовлияние населения, производства и транспорта прослеживается в сложившейся системе расселения, производственной специализации регионов, плотности и конфигурации транспортной сети, территория вдоль которой во все времена была наиболее ценной и активно осваиваемой, что является следствием благоприятных условий, создаваемых близостью коммуникаций, представляющих возможности быстрой и удобной связи между всеми элементами расселения.

Однако транспорт не всегда в полном объеме удовлетворяет потребности населения в перевозках, что вызывает социально-экономические проблемы и негативно сказывается на работе других отраслей экономики города. Наибольший спрос на транспортные передвижения формируется в горо-

дах с численностью населения более 500 тыс. человек. Именно в крупных и крупнейших городах особенно остро проявляются транспортные проблемы, варианты решения для которых представлены в научных трудах профессора Н. В. Правдина. Выдвинутые им направления по дальнейшему развитию железнодорожных пассажирских станций, взаимодействия различных видов транспорта по улучшению транспортных связей между ними не утратили своей актуальности и сегодня.

Основные направления по улучшению связи внешнего и внутреннего транспорта городов и обеспечивающих удобства для пассажиров и населения города, а также экономические выгоды согласно исследованиям профессора Н. В. Правдина приведены в таблице 1.

Т а б л и ц а 1 – Основные направления взаимодействия внешнего и внутреннего транспорта в городах

Направления	Условия применения
Расширение привокзальных площадей и улиц или их реконструкция	Пропускная способность железнодорожной пассажирской станции значительно превышает пропускные способности элементов вокзального комплекса
Создание специальных автобусных (троллейбусных) линий, по которым городской транспорт в определенные часы суток (часы прибытия на работу и отправления с работы) следует без остановок от вокзала до центра промышленных и селитебных районов города	Полный вывоз всех прибывших поездами пассажиров (без времени ожидания)
	Пропуск в район вокзала дополнительных автобусов (троллейбусов)
	Вывоз и ввоз пассажиров в район привокзальных улиц и др.
Сооружение второй привокзальной площади, расположенной по другую сторону пассажирской станции, с перенесением на нее определенных маршрутов городского транспорта	Отсутствие ограничения пропускной способности перронного парка и посадочных платформ позволит снять значительную часть нагрузки с основной площади и прилегающих улиц

Большое внимание в научных работах профессором Н. В. Правдиным уделено пассажирскому комплексу крупных и крупнейших городов, особенно стратегии развития пассажирской транспортной системы с учетом взаимодействия различных видов транспорта, например железной дороги и метрополитена, которые рассматриваются как конкурирующие виды транспорта, с одной стороны, но выполняющих общую задачу по удовлетворению потребностей населения в перевозках – с другой.

Представляют научный и практический интерес предложения по перераспределению пассажиропотока с железнодорожного транспорта на метрополитен в местах их стыкования. При этом задача по рационализации пригородных перевозок в условиях взаимодействия этих видов транспорта продолжает оставаться актуальной и сегодня, так как на одном из них (после пересадки

пассажирам) возникают проблемы по нерациональному использованию подвижного железнодорожного состава (пробег поездов, не обеспеченных пассажиропотоком) и перенаселённости составов метрополитена.

Разработанные под руководством профессора Н. В. Правдина практические рекомендации по рациональному развитию устройств существующих станций стыкования железной дороги с метрополитеном с учётом изменяющихся условий их взаимодействия активно применяются в настоящее время в СНГ и позволяют определять условия формирования и сферы эффективного применения станций стыкования для различных видов пассажирского транспорта. В качестве таких рекомендаций может быть рассмотрена возможность рационализации числа и места расположения пунктов оборота пригородных поездов, а также размеров движения на участке. Он подчеркивал важность резервирования территории для развития железнодорожных станций: «...рекомендации, связанные с рациональным размещением отдельных устройств, позволят предусматривать особенности схем пассажирских и технических станций на отдаленное будущее, бронировать в генпланах станций территорию для размещения новых устройств и реконструкции отдельных элементов». Например, для станции Гомель-Пассажирский с участием профессора Н. В. Правдина был разработан план поэтапного ее развития, что позволило с течением времени ввести в эксплуатацию путей 15 и 16 для пригородного движения и выделить их для специализации по направлениям Гомель – Калинковичи и Гомель – Жлобин соответственно. Все теоретические предположения и гипотезы проверялись им на конкретных условиях работы ряда крупнейших пассажирских станций, таких как Владимир, Киев, Кишинев, Минск, Новосибирск, Свердловск (ныне Екатеринбург) и др., что позволило определить факторы, оказывающие влияние на их путевое развитие, среди которых загрузка горловин парков, равномерность и полезность использования приемоотправочных путей. Он доказал, что нерациональное использование путевого развития пассажирских станций вызывает дополнительные расходы по эксплуатации и содержанию устройств, относимых на пару обслуживаемых поездов и, как следствие, нецелесообразность разделения дальнего, местного и пригородного движения, что сделало возможным объединение некоторых станций, таких как Баку-Пассажирское и Сабунчи-Пригородное.

В исследованиях профессора Н. В. Правдина можно выделить анализ работы и схем более 40 привокзальных площадей и особенностей их планировки, как сложных элементов городского вокзального комплекса, где зарождаются и погашаются большие транспортные потоки. Сегодня предложенная им классификация привокзальных площадей в зависимости от видов транспорта нашла широкое применение при их реконструкции и совершенствовании транспортного обслуживания населения городов различных категорий (таблица 2).

Таблица 2 – Классификация привозкальных площадей

Классификационные группы привозкальных площадей	Городской транспорт	Условия размещения и обслуживания
I	Трамвай, автобус, троллейбус	На привозкальной площади
		Частично на привозкальной площади (автобус и троллейбус)
		Частично на некотором удалении от привозкальной площади (трамвай)
II	Трамвай, автобус	Для городов более 400 тыс чел.
III	Автобус, троллейбус	
IV	Автобус	Для городов не более 300 тыс чел.

Анализируя системы обслуживания пассажиров различными видами транспорта, профессор Н. В. Правдин отмечал, что снятие трамвайных линий в некоторых городах и замена их автобусами и троллейбусами является преждевременной, так как использование трамвая, имеющего большую провозную способность, в качестве массового вида транспорта позволяет осуществлять значительный вывоз пассажиров в часы «пик». Н. В. Правдин указывал, что для улучшения условий работы этого вида транспорта и площади в целом трамвайные остановки желательно приблизить к вокзалу, а не относить их на расстояние 500–700 м, резко ухудшая качества обслуживания и увеличивая время на проход к остановкам.

Особое место в научном наследии профессора Н. В. Правдина занимают исследования по развитию пассажирских станций, что позволило на основе анализа их схем и условий работы выделить три основных направления реконструкции (таблица 3).

Выбор направления переустройства определяется рядом факторов, среди которых приоритетными являются размеры города и направления его дальнейшего развития.

Н. В. Правдин уделял большое внимание и исследованиям по развитию туристско-экскурсионных перевозок, которые сегодня актуальны и требуют дальнейшего развития и совершенствования. На основе анализа работы пассажирских станций даны рекомендации по выбору площадки для расположения путей стоянки туристических поездов.

Заслуживает внимания, предложенные профессором Н. В. Правдиным решения по учету неравномерности пригородных пассажирских перевозок по часам суток, дням недели и периодам года (сезонам), заключающиеся в применении секционирования пригородных составов или прокладкой в графике в виде укороченных или удлиненных составов, формируемых непосредственно в депо. Следует отметить, что на крупных станциях, например станции Гомель-Пассажирский, применяется секционирование составов, которое на небольших станциях затруднено из-за отсутствия дополни-

тельных путей, где можно было бы выполнять маневровые операции, а также дополнительной дежурной локомотивной бригады и специальных устройств и указателей.

Т а б л и ц а 3 – Основные направления реконструкции пассажирских станций в зависимости от их типа

Тип станции	Основные направления реконструкции	Условия применения
Прходная (сквозная)	Переустройство отдельных элементов станций без изменения их принципиальной схемы	Переустройство горловин, сооружения или реконструкция багажных или пассажирских тоннелей, платформ или при расширении станции за счет города
	Реконструкция станций с изменением их классификационных схем	Резкое одностороннее увеличение пригородного движения
		Общее увеличение движения поездов и недостаточности перронных путей и отдельных элементов станции
		Несоответствие схемы станции заданным объемам работы
	При возникновении больших транзитных потоков (для тупиковых схем)	
Полная реконструкция пассажирских устройств с выносом станции на новую площадку	Пассажирские устройства имеют недостаточное развитие и располагаются совместно с устройствами для грузового движения	
Тупиковая	Перенос станции на новое место	Создание сквозной станции
	Создание второй пассажирской станции проходного типа	Обеспечение приема транзитных потоков и части конечных дальних и пригородных поездов
	Сооружение станции под землей с созданием петли	Для очень крупных городов после использования всех резервов увеличения пропускной способности

Секционирование составов целесообразно, когда его используют при соединении и разъединении укороченных полных составов пригородных поездов. В этом случае оно является разновидностью соединения и может применяться на разветвленных участках пригородных линий.

По результатам данных исследований опубликовано более 200 научных работ, в том числе более 30 книг, монографий и учебников, изданных под общей редакцией профессора Н. В. Правдина, среди которых «Железнодорожные станции и узлы», «Проектирование инфраструктуры железнодорожного транспорта (станции, железнодорожные и транспортные узлы)», «Железнодорожные станции и узлы (задачи, примеры, расчеты)», «Пассажирские станции», «Взаимодействие пассажирских станций с городом», «Проектирование железнодорожных станций и узлов» (учебник), «Взаимо-

действие разных видов транспорта в узлах» (учебник), «Прогнозирование пассажирских потоков», «Прогнозирование грузовых транспортных потоков», «Технология работы вокзалов и пассажирских станций», «Экономика и организация работы станций» и многие другие. Представленные в них новые идеи в дальнейшем определили ход как теоретических, так и практических исследований многих ученых по вопросам повышения эффективности работы транспорта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Правдин, Н. В. Прогнозирование пассажирских потоков (методика, расчеты, примеры) / Н. В. Правдин, В. Я. Негрей. – М. : Транспорт, 1980. – 224 с.
- 2 Правдин, Н. В. Прогнозирование грузовых потоков / Н. В. Правдин, М. Л. Дыканюк, В. Я. Негрей. – М. : Транспорт, 1987. – 248 с.
- 3 Правдин, Н. В. Взаимодействие различных видов транспорта (примеры и расчеты) / Н. В. Правдин, В. Я. Негрей, В. Я. Подкопаев. – М. : Транспорт, 1989. – 208 с.
- 4 Правдин, А. К. Автоматизация проектирования железнодорожных станций / А. К. Головнич. – Гомель : БелГУТ, 2001. – 202 с.
- 5 Правдин, Н. В. Основы автоматизации проектирования железнодорожных станций / Н. В. Правдин, А. К. Головнич, С. П. Вакуленко. – М.: Маршрут, 2004. – 400 с.
- 6 Правдин, Н. В. Пригородные зоны и зоны тяготения на железнодорожном транспорте (для условий средних и больших городов Республики Беларусь) / Н. В. Правдин, Т. А. Власюк. – Гомель : БелГУТ, 2007. – 207 с.
- 7 Правдин, Н. В. Проектирование железнодорожных станций и узлов / Н. В. Правдин, Т. С. Банек. – Минск : Вышэйшая школа, 1975. – 512 с.
- 8 Правдин, Н. В. Взаимодействие различных видов транспорта в узлах / Н. В. Правдин, В. Я. Негрей. – Минск : Вышэйшая школа, 1983. – 247 с.
- 9 Правдин, Н. В. Проектирование железнодорожных станций и узлов : в 2 ч. / Н. В. Правдин, Т. С. Банек, В. Я. Негрей. – Минск : Вышэйшая школа, 1984. – 288 с.
- 10 Правдин, Н. В. Железнодорожные станции и узлы» (задачи, примеры, расчеты) / Н. В. Правдин, Т. С. Банек, В. Я. Негрей – М. : Транспорт, 1984. – 296 с.

Получено 04.02.2016.

ISBN 978-985-554-707-6. Проблемы перспективного развития железнодорожных станций и узлов. Гомель, 2017

УДК 656.212.5.001.2

А. А. КЛИМОВ, С. В. КАРАСЕВ

Сибирский государственный университет путей сообщения (СГУПС)

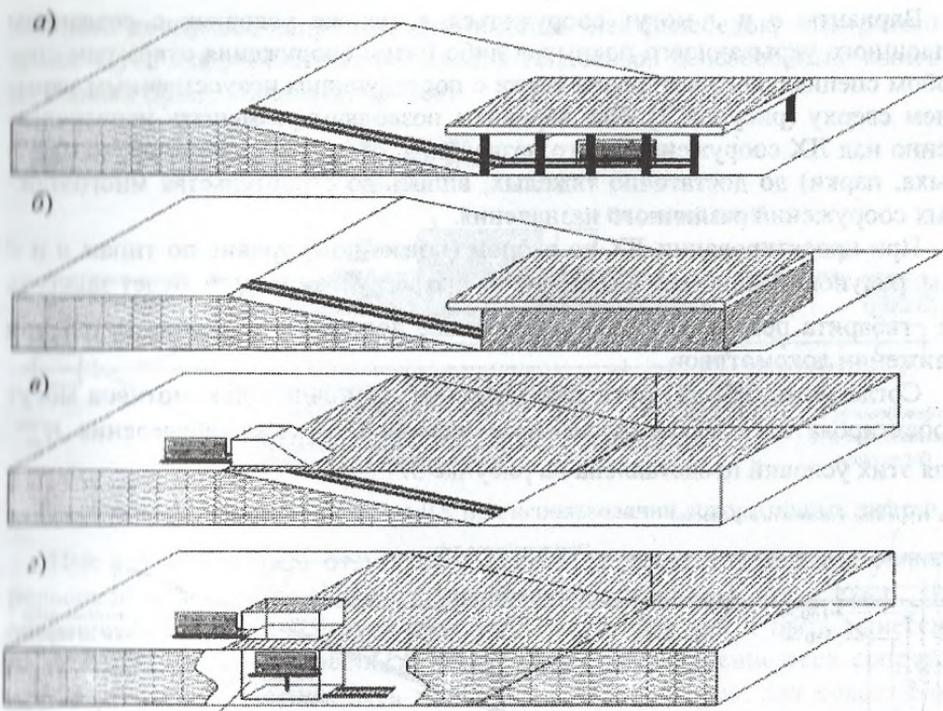
ПРОЕКТИРОВАНИЕ УСТРОЙСТВ СОРТИРОВОЧНОЙ СТАНЦИИ В РАЗЛИЧНЫХ УРОВНЯХ

Рассмотрена принципиальная возможность подземного проектирования устройств локомотивного хозяйства на сортировочной станции. Дана экспертная оценка технических и технологических преимуществ и недостатков данной схемы.

На территории железнодорожной станции располагается достаточно плотная сеть различного назначения наземных, подземных и воздушных коммуникаций. В настоящее время к высоким требованиям эффективности работы железнодорожных станций добавляются, кроме прочего, достаточно жесткие условия экологичности функционирования устройств. В частности, на сортировочных, участковых, пассажирских и технических станциях все более часто экологические службы присматриваются к локомотивным депо с их развитой инфраструктурой зданий и сооружений по ремонту, экипировке и отстою тягового подвижного состава. Обоснованные претензии предъявляются к складам топлива, масел и других горюче-смазочных материалов, которые хранятся в емкостях, не обеспечивающих в полной мере экологическую безопасность станционной и прилегающих территорий. Загрязнение окружающей среды, повышенный шум, значительная вибрация становятся постоянными причинами, по которым городские власти настоятельно требуют от администрации железной дороги принять меры по снижению уровня экологической опасности объектов железнодорожной станции. В ряде случаев предлагается вынести депо за пределы города в целях восстановления экологического равновесия селитебных агломераций. Естественно, такая мера не может быть реализована в силу технической и технологической связности локомотивного хозяйства (ЛХ) со всеми остальными станционными подсистемами. Поэтому в данном случае потребуются разрабатывать варианты, связанные с выносом всей станции в целом, либо каким-то образом нейтрализовать негативные последствия экологически опасной среды ЛХ.

Вынос всей станции за пределы города – мера кардинальная, требующая значительных финансовых затрат, связанных с воссозданием в полном объеме эксплуатационной инфраструктуры на новом месте, а также восстановлением нарушенных транспортных связей, вызванных изменением места расположения станции. Поэтому предлагается рассмотреть возможность нейтрализации негативного воздействия ЛХ на экологию окружающей среды посредством переноса его объектов под землю.

Размещение ЛХ во втором (нижнем) уровне возможно по четырем вариантам: открытый, полуоткрытый, закрытый, изолированный (рисунок 1). Можно предположить, что ЛХ в нижнем уровне будет проектироваться преимущественно тупикового типа. Второй вход существенно увеличит сложность сооружения конструкции и ее стоимость, а также площадь подземной части (кроме варианта *г* рисунка 1). Первый и второй варианты (рисунок 1, *а*, *б*) реализуются при благоприятных условиях рельефа: наличие лога или широкого оврага, естественного понижения рельефа. Характерно наличие открытого пути, соединяющего верхний и нижний уровни. Вариант *а* может найти применение в южных районах, где нет проблемы снеготаносимости.



ЛОКОМОТИВНЫЙ ЛИФТ-ПОДЪЕМНИК

Рисунок 1 – Варианты размещения ЛХ в нижнем уровне станции различного типа:
а – открытого; *б* – полукрытого; *в* – закрытого; *г* – изолированного

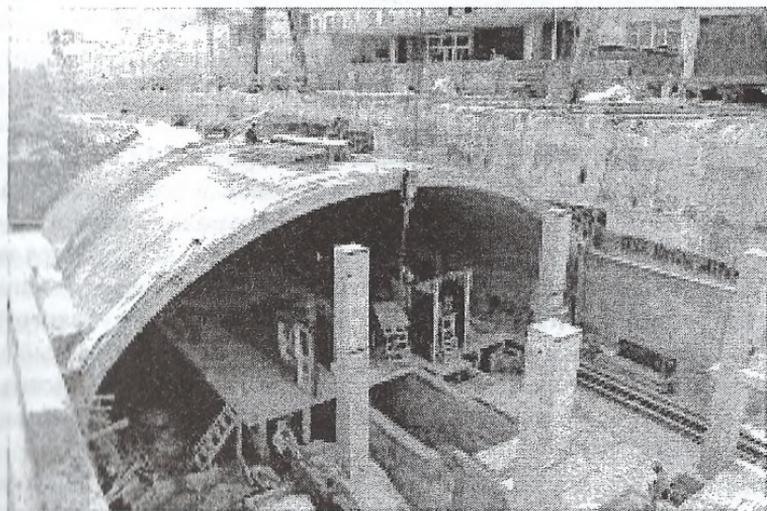


Рисунок 2 – Вариант проектирования подземного уровня ЛХ

Варианты *в* и *г* могут сооружаться в тех же условиях с созданием сплошного укрывающего покрытия либо путем сооружения открытым способом специального котлована также с последующим искусственным укрытием сверху (рисунок 2). Все варианты позволяют размещать непосредственно над ЛХ сооружения иного назначения, от легких (например, зоны отдыха, парки) до достаточно тяжелых, вплоть до строительства многоэтажных сооружений различного назначения.

При проектировании ЛХ во втором (подземном) уровне по типам *а* и *б* (см. рисунок 1) минимальная величина его заглубления $H_{г\text{л}}^{\text{мин}}$ будет зависеть от габарита подвижного состава, а также допустимого уклона путей при движении локомотивов.

Согласно п. 4.47 [3] пути для движения одиночных локомотивов могут проектироваться с максимальным уклоном 40 ‰. Схема определения $H_{г\text{л}}^{\text{мин}}$ для этих условий представлена на рисунке 3.



Рисунок 3 – Заглубление и длина спуска на нижний уровень

Для тепловозного депо $H_{г\text{л}}^{\text{мин}} = 5,6$ м, для электровозного – 6,9 м. Минимальная длина спуска на нижний уровень $L_{\text{сп}}$ составляет 140 и 173 м.

При оборудовании локомотивного хозяйства в подземном исполнении вертикальным подъемником (см. рисунок 1, *з*) возможно комбинированное решение, при котором локомотивное депо может проектироваться по веерной схеме, а подъем и опускание локомотива выполняется специальным лифтом из центральной части депо. Близким аналогом такого лифта-подъемника может служить подъемник для вагонов, используемый на многогалубных парках. Пример компоновки локомотивного хозяйства традиционной формы при использовании вертикального способа перемещения локомотивов приведен на рисунке 4.

В вариантах закрытого (см. рисунок 1, *в*) и, особенно, изолированного (*з*) способа размещения локомотивного хозяйства для тепловозов следует рассмотреть вариант перемещения внутри ЛХ локомотивов без включения ди-

зельного двигателя, например, при помощи электролебедок, электротолкателей. Пути для реостатных испытаний тепловозов целесообразно вынести на первый (поверхностный) уровень.

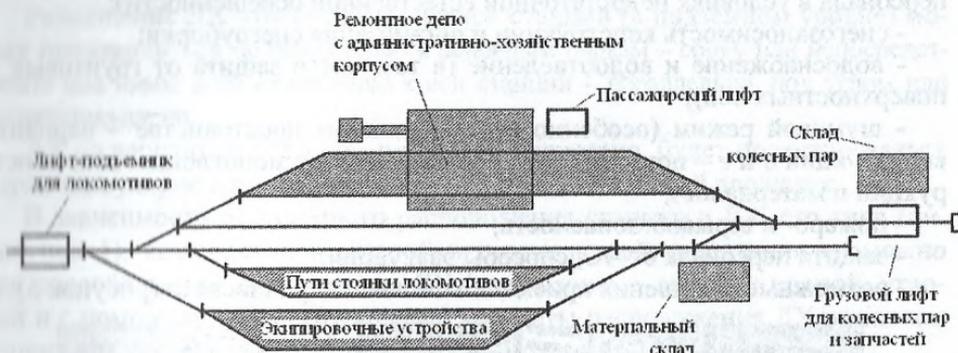


Рисунок 4 – Вариант компоновки ЛХ при использовании локомотивных лифтов

При таком варианте отсутствует непосредственная связь непрерывной рельсовой колеи локомотивного хозяйства со станционными путями. Для сокращения площади ЛХ пути стоянки локомотивов могут быть вынесены на первый (верхний) уровень. Очевидно, что расположение всех сооружений и устройств должно быть максимально компактным для сокращения объема подземного сооружения. Преимуществом данного варианта является некоторое упрощение конструкции подземной части сооружения за счет отсутствия наклонных путей, соединяющих станционные пути первого уровня с путями нижнего уровня.

При такой компоновке можно обеспечить изоляцию ЛХ по всему периметру, что может быть полезным, например, с точки зрения исключения попадания осадков (снега, дождя, талых вод) с поверхности.

Использование локомотивного лифта-подъемника обеспечит уменьшение подземной части сооружения, а за счет устранения протяженного спуска ЛХ может размещаться в непосредственной близости к станции или под ней, что особенно важно в условиях плотной застройки. Одним из недостатков такого решения является определенное ухудшение видимости, связанное с сооружением над поверхностью станции лифтового входа значительных габаритов (ориентировочно $40 \times 6 \times 7$ м). Для устранения такого недостатка лифтовой вход может размещаться сбоку от путей, в месте, не препятствующем обзору.

При проектировании ЛХ во втором (нижнем, подземном) уровне, исходя из общих особенностей подземных сооружений [1], а также специфики технологии работы предприятия, потребуется учитывать ряд требований, среди которых:

- температурный, влажностный режим, состояние воздушной среды (системы отопления, вентиляции, кондиционирования);
- естественная и искусственная освещенность (а также режим работы персонала в условиях недостаточной естественной освещенности);
- снегозаносимость конструкции и организация снегоуборки;
- водоснабжение и водоотведение (в том числе защита от грунтовых поверхностных вод);
- шумовой режим (особенно в ограниченном пространстве – варианты конструкции в и г – потребуются использование шумопоглощающих конструкций и материалов);
- пожаро- и взрывобезопасность;
- защита персонала от ЧС, способы эвакуации;
- возможные нарушения приема локомотивной радиосвязи (рисунок 5).



Рисунок 5 – Общий вид планировки подземного уровня устройств

Резервуары для хранения топлива и масел могут также проектироваться в подземном исполнении, в соответствии с требованиями к емкостным сооружениям для жидкостей и газов (раздел 6 [2]), а склад песка – в соответствии с требованиями раздела 7 того же документа.

При размещении ЛХ в нижнем уровне под путями станции для минимизации нагрузки на свод с целью удешевления конструкции предпочтительно не располагать его под парками. В этом случае подземное сооружение может размещаться, например, под вытяжными путями. Также возможно размещение ЛХ в качестве подземного уровня других зданий и сооружений

При размещении над ЛХ какого-либо сплошного сооружения ухудшаются условия естественного освещения с использованием светопропускающих поверхностных конструкций.

Размещение ЛХ относительно парков станции (в подземном уровне) может производиться по отношению к основным паркам – сбоку или непосредственно под ними, а по отношению к оси станции – параллельно, под углом или перпендикулярно.

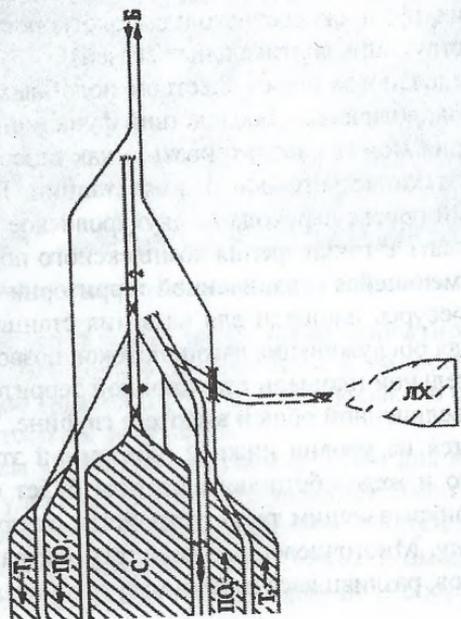
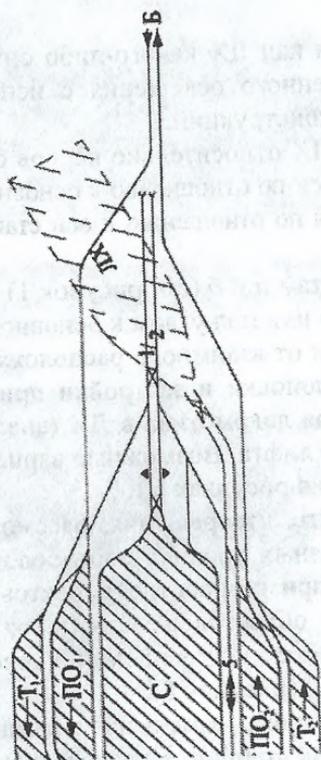
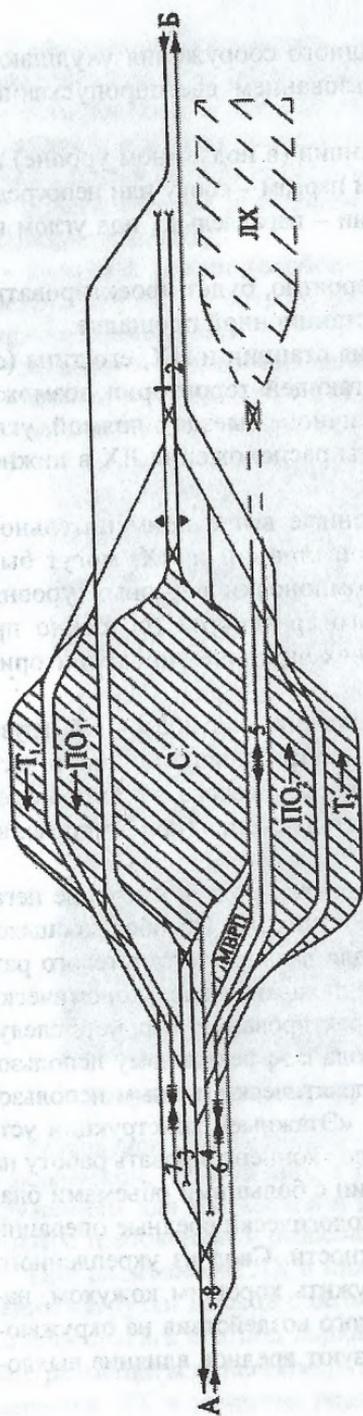
ЛХ по вариантам *a* и *b* (см. рисунок 1), вероятно, будет проектироваться перпендикулярно или под углом к основной станционной площадке.

В зависимости от взаимного расположения станции и ЛХ, его типа (см. рисунок 1), компоновки и застройки прилегающей территории возможно три способа заезда локомотива в ЛХ (аналогично – выезда): прямой, угловой и с помощью лифта. Возможные варианты расположения ЛХ в нижнем уровне показаны на рисунках 6 и 7.

Важно отметить, что решения, рассмотренные выше применительно к размещению в разных уровнях сортировочной станции и ЛХ, могут быть востребованы и при разработке проектов компоновки в разных уровнях других линейных объектов железнодорожного транспорта (особенно при наличии потребности таких решений в условиях ограниченной территории, плотной застройки) (рисунок 8).

Возможно, например, размещение в разных уровнях сортировочной (грузовой) и пассажирской станций, а также решения внутри одной станции: в частности, размещение в разных уровнях путей для пассажирского и пригородного движения, путей скоростного и высокоскоростного движения (при обеспечении соответствующих вертикальных связей).

Определенным преимуществом подобных схем является исключение негативных экологических последствий функционирования ЛХ. Освобождающаяся территория может рассматриваться как резерв для дальнейшего путевого развития и технического оснащения станции. Предположительно экономически затратный проект перехода на двухуровневое проектирование устройств следует оценивать с точки зрения комплексного подхода к эффективному использованию имеющейся ограниченной территории с практически полным использованием ресурса площади для развития станции. «Этажные» конструкции устройств для обслуживания вагонопотоков позволяют концентрировать работу на значительной площади станционной территории с большими объемами благодаря увеличенной общей высоте и глубине. Экологически вредные операции спускаются на уровни нижней, подземной этажности. Свод из укрепленного земляного и железобетонного настила будет служить хорошим кожухом, надежно прикрывающим такие устройства от прямого воздействия на окружающую среду. Многочисленные фильтры нейтрализуют вредное влияние выхлопов, шумов, разлившиеся потоки мазута и масел.



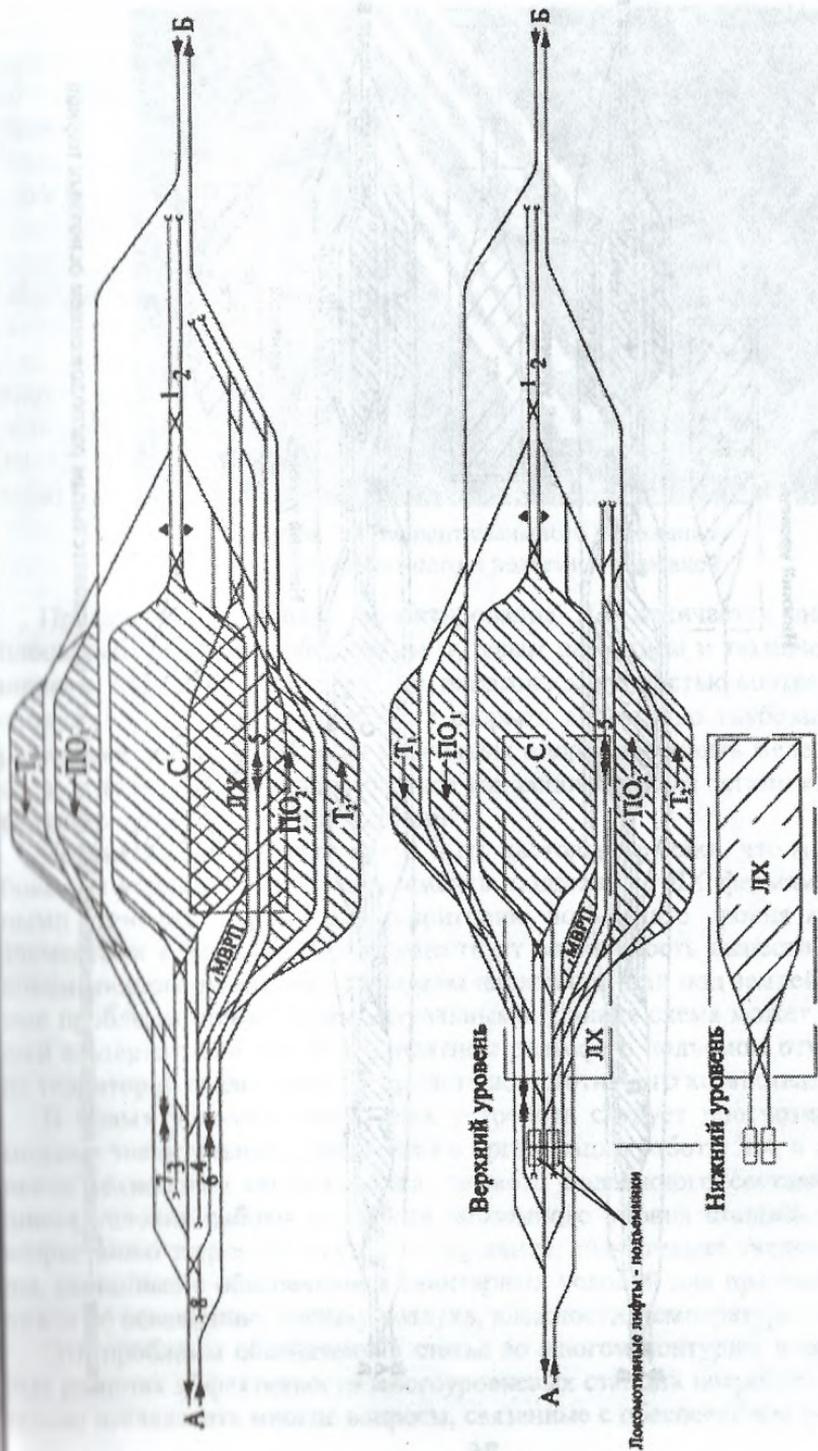


Рисунок 6 – Примеры вариантов размещения ЛХ на станциях с параллельным расположением основных парков

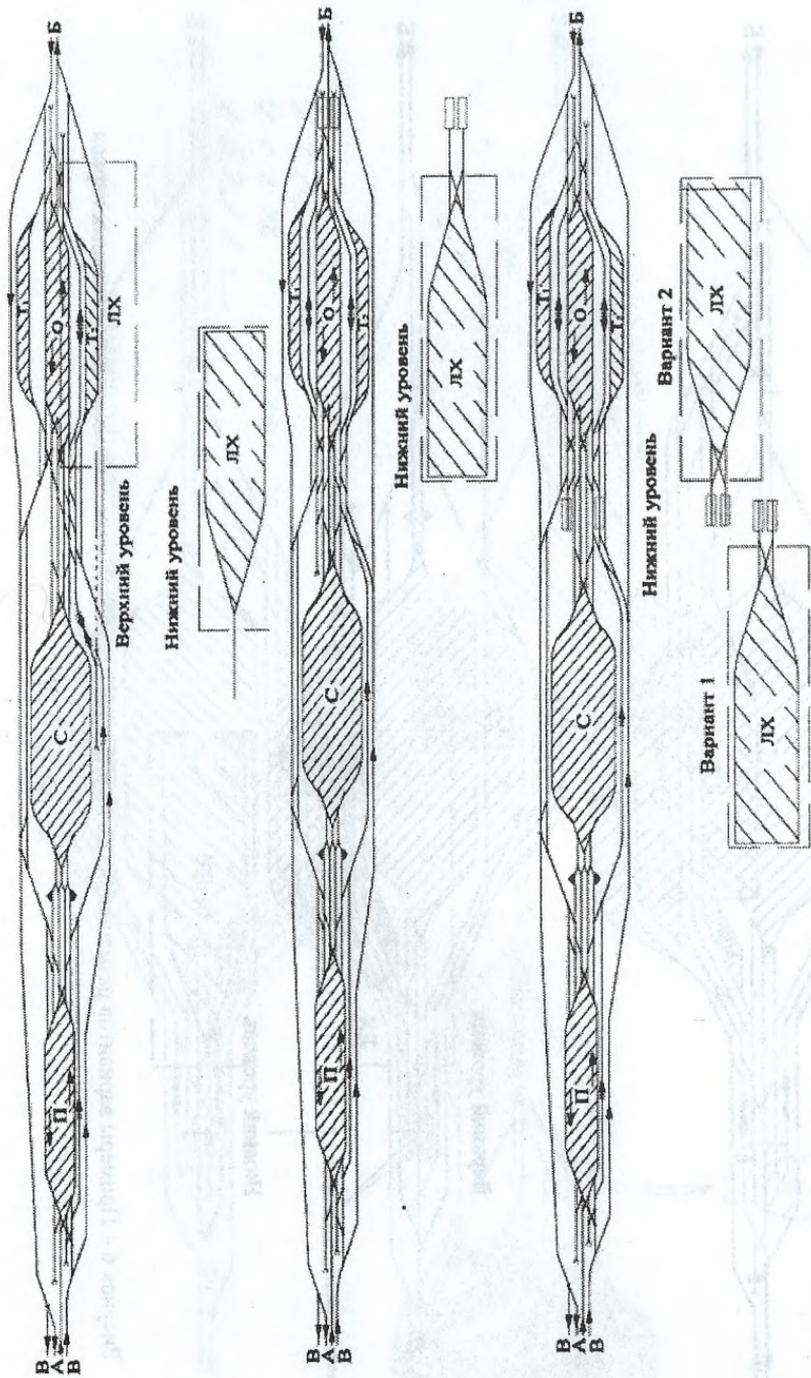


Рисунок 7 – Примеры вариантов размещения ЛХ на станциях с последовательным расположением основных парков

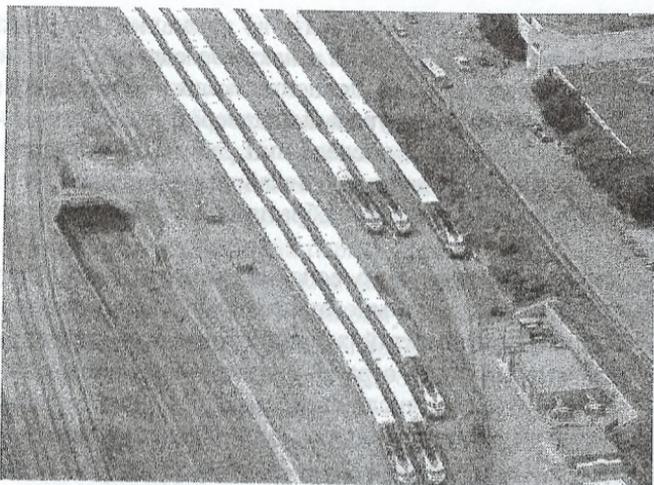


Рисунок 8 – Вариант взаимного положения устройств наземного и подземного уровней

Предлагаемый вариант проектирования ЛХ отличается значительной площадью, занятой необходимым путевым развитием и техническим оснащением, сложностью обустройств, энергонасыщенностью соответствующих сооружений. Для ЛХ потребуется разрыть достаточно глубокий котлован размерами до 100×200 м, на массивных опорах закрепить железобетонный свод, который будет использоваться как основание для легких конструкций верхнего наземного уровня станции.

Возникающие нагрузки могут быть настолько велики, что может потребоваться усиливать опорные элементы подземного ЛХ фермами и сплошными стенками, нарезая все территорию подземного уровня контурными элементами в виде сот. Если существует возможность вынести устройства локомотивного хозяйства за пределы парков станции под землей, то указанные проблемы станут менее актуальными. Данная схема может стать хорошей альтернативой при благоприятном рельефе с подъемом отметок земли на территории «заложения» устройств локомотивного хозяйства.

В новых условиях подземных устройств следует прогнозировать возможные значительные усложнения в организации работы ЛХ, а также изменение технологии обслуживания тягового подвижного состава. Изменившиеся условия работы устройств подземного уровня станции приведут к возрастанию затрат на текущее содержание, значительно увеличатся расходы, связанные с обеспечением санитарных условий для причастных работников по освещению, составу воздуха, влажности, температуре и пр.

Эти проблемы обозначены в статье во многом контурно, и при конкретных расчетах эффективности многоуровневых станций потребуются более детально исследовать многие вопросы, связанные с обеспечением безопасности

и охраны труда. Однако следует принять во внимание, что в любом случае необходимо учитывать экологический аспект последствий функционирования железнодорожного транспорта. Выполнение экологических требований будет затратным при исчислении в натуральных измерителях. Тем не менее, экологический ущерб от негативных последствий работы транспорта оказывается весьма ощутим, и если не в данный ближайший отрезок времени, то в ближайшие 10–20 лет он может стать необратимым, угрожая жизни всей нашей цивилизации.

Кроме прямого экологического аспекта существенными аргументами пользу рассмотрения вариантов многоуровневого размещения сооружений устройств линейных предприятий железнодорожного транспорта являются следующие обстоятельства: 1) ограниченность территории для сооружения или развития станции (в том числе городской застройкой, транспортными иными инженерными коммуникациями, межеванием земельных участков); 2) особенности архитектурно-градостроительных решений; 3) условия рельефа, благоприятствующие вертикальному зонированию станции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Свод правил СП 43.13330.2014. Сооружения подземные. Правила проектирования. Underground structures. Design principles. – М., 2014. – 111 с.
- 2 Свод правил СП 43.13330.2012. Сооружения промышленных предприятий. Structures of the industrial enterprises. Актуализированная редакция СНиП 2.09.03-85. – М., 2013. – 93 с.
- 3 Строительно-технические нормы МПС РФ: Железные дороги колеи 1520 мм. СТН Ц-01-95 : [утв. МПС РФ 25.09.95]. – М. : МПС РФ, 1995. – 86 с.

Получено 11.06.2016.

ISBN 978-985-554-707-6. Проблемы перспективного развития железнодорожных станций и узлов. Гомель, 2017

УДК 656.211

Т. И. КАШИРЦЕВА

Российский университет транспорта (МИИТ)

СИСТЕМА КРИТЕРИЕВ ОПТИМИЗАЦИИ ТЕХНИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ ПТС

Рассмотрена проблема повышения качества подготовки в рейс составов пассажирских поездов. Исследуются факторы, влияющие на технико-технологическую структуру пунктов подготовки составов. Предлагается система критериев, исполнение которых позволит оптимизировать техническое оснащение и технологию работы пассажирских технических станций и технических парков пассажирских станций.

Одной из основных задач ОАО «РЖД» в области пассажирских перевозок является улучшение качественных характеристик транспортного обслуживания населения. Решение этой задачи связано с обеспечением своевременности, ритмичности, безопасности и экологичности перевозок. В свою очередь, обеспечение указанных требований во многом зависит от качества подготовки в рейс составов пассажирских поездов.

Подготовка составов осуществляется на пассажирских технических станциях (ПТС) или в технических парках пассажирских станций. Вопросам совершенствования технического оснащения пунктов подготовки в рейс составов пассажирских поездов по-прежнему уделяется недостаточно внимания. А ведь технико-технологические параметры этих структур оказывают непосредственное влияние на уровень подготовки составов и, как следствие, качество обслуживания пассажиров.

Как отмечено в [1], при решении задачи о выборе оптимального варианта технического оснащения и технологии работы ПТС (технического парка) следует принимать во внимание все многообразие и сложность протекающих транспортно-технологических процессов. Для решения этой задачи предлагается система критериев, которая учитывает количественные и качественные показатели и отражает особенности технико-технологической структуры ПТС.

В своих работах профессор Н. В. Правдин особенно выделял качественные показатели, связанные с организацией эксплуатационной работы, надежностью работы станции и ее отдельных элементов, защитой окружающей среды, отводом и отчуждением земель под сооружение или реконструкцию ПТС и технических парков и т.д. Ни в коей мере не умаляя значения экономической стороны вопроса, он неоднократно подчеркивал важность именно качественного, а не денежного содержания указанных показателей. Мнение профессора Н. В. Правдина нашло отражение в предлагаемой системе критериев.

В результате исследования и анализа различных признаков, характеризующих схемы, техническое оснащение и соответствующую им технологию работы ПТС, выбраны следующие критерии оптимизации:

- экологический, позволяющий учесть влияние функционирования станции на окружающую среду и затраты, связанные с загрязнением;
- надежности, учитывающий вероятность отказов технических средств;
- маневренности, определяющий максимальное количество реализуемых вариантов выполнения технологических операций;
- поточности, учитывающий количество изменения направлений движения составов при выполнении технологических операций в процессе подготовки;
- стоимостной;
- временной;

- безопасности, учитывающий влияние конструкции ПТС на вероятность производственного травматизма.

Одним из направлений при решении задач снижения загрязнения природной среды является создание принципиально новых технологий очистки воздуха, воды, почвы, обезвреживания и утилизации отходов, а также совершенствование методов оценки уровня загрязнения. Их применение требует знания научных основ, базирующихся на законах и закономерностях теоретической химии, физики, биологии и т.д. Эти знания необходимы как для обеспечения нормальных условий труда и защиты окружающей среды от загрязнения на существующих производствах, так и для разработки прогрессивных технологий, позволяющих не только эффективно использовать природные ресурсы, но и максимально снизить последствия техногенной нагрузки на природную среду. Оценка экологической безопасности ПТС основывается на использовании показателя экономического ущерба в форме максимизации предотвращенного ущерба или минимизации загрязнения.

Для соблюдения технологических норм времени и требований к подготовке пассажирских вагонов критерий надежности имеет особое значение. Определение показателей надежности работы ПТС дает возможность учитывать реальные условия и параметры эксплуатации станции.

Под надежностью системы в соответствии с ГОСТ Р 27.002–2009 «Надежность в технике. Термины и определения» понимается «свойство готовности и влияющие на него свойства безотказности и ремонтпригодности, и поддержка технического обслуживания», «свойство системы выполнять заданные функции, сохраняя во времени значения установленных эксплуатационных показателей в заданных пределах, соответствующих заданным режимам и условиям использования, технического обслуживания и ремонта».

Для определения критерия надежности используется не само понятие «надежность», а показатель надежности – вероятность безотказной работы. Под термином «безотказность» следует понимать свойство системы непрерывно находиться в работоспособном состоянии. Работоспособность для станций – это способность обеспечивать регулярный прием входящего транспортного потока (а при его отсутствии – сохранять готовность к приему) и, функционируя в соответствии с установленной технологией, непрерывно отправлять исходящий поток из системы или сохранять готовность к его отправлению.

Основной количественной мерой работоспособности системы является время безотказной работы. Существует множество причин, связанных с объемом работы, мощностью основных элементов и их надежностью, которые вызывают отказы. Поэтому время безотказной работы как интервал от момента восстановления работоспособности до следующего отказа является случайной величиной. Уровень надежности станции определяется как техническими условиями (состояние элементов пути, стрелочных переводов

сигналов и т. д.), так и условиями, связанными с особенностями конструкций ПТС. К последним можно отнести возможность или невозможность взаимозаменяемости путей парка приема и отправления, наличия или отсутствия параллельных маршрутов в горловинах и т. п., а они, в свою очередь, связаны с технологией работы ПТС. Для определения критерия надежности ПТС во внимание принимаются те особенности конструкций, которые могут существенно повлиять на надежность станции в целом.

Работа ПТС с заданными параметрами надежности обеспечивается посредством создания соответствующих резервов. В теории надежности различают несколько видов резервирования. Резервирование – это метод повышения надежности системы. Временное резервирование предусматривает использование избыточности времени, структурное предусматривает избыточность структуры элементов. Избыточность – это дополнительные средства (пути, техническое оснащение) или возможности (пропускная способность) сверх минимально необходимых для выполнения системой заданных функций [2]. Для ПТС характерно использование временного резервирования в большей степени, чем структурного, так как определенный резерв времени нахождения составов пассажирских поездов на станциях формирования и/или оборота заложен в графике движения поездов в связи с учетом интервалов времени, удобных для прибытия и отправления пассажиров.

Структурное резервирование в виде наличия дополнительного числа путей, рассчитанного по периоду интенсивного прибытия поездов в утренние часы, также имеет место. Однако при разработке/корректировке графика движения следует учитывать оптимальные по времени нормы нахождения составов на ПТС и оптимальное количество путей, принимая во внимание эксплуатационные расходы по вагонному и путевому хозяйствам.

Для определения резервов в теории надежности используются методы оптимизации надежности. Для ПТС, как структурированной системы, характерно нагруженное резервирование, то есть резервные элементы (пути, устройства и т.д.) подвергаются таким же нагрузкам, что и основные. Надежность в этом случае характеризуется коэффициентом технического использования, средним значением параметра потока отказов и показателем долговечности. При оценке последствий отказов, как правило, накладываются ограничения на величину резерва по стоимости.

Ритмичная работа ПТС по приему и обработке пассажирских составов может обеспечиваться не только за счет повышения надежности технических средств и создания резервов, но и за счет применения нетиповых технологий работы ПТС. Расчет количества путей и устройств осуществляется по заданному количеству обрабатываемых составов с умножением на коэффициент неравномерности для периода интенсивного прибытия поездов.

В то же время в случае возникновения нестандартных ситуаций, например, опозданий поездов или отказов технических средств, можно использо-

вать существующие пути и технические средства по-разному, причем определяющую роль будет играть взаимное расположение основных устройств. Например, в конструкциях с параллельным расположением парков приема, отправления и возможностью их взаимозаменяемости количество реализуемых технологий по приему поездов больше, чем в тех конструкциях, где взаимозаменяемость невозможна.

Для расчета критерия маневренности необходимо определить максимально возможное количество вариантов технологических цепочек по каждой схеме. В расчет предлагается принимать только варианты, отвечающие следующим двум требованиям: альтернативный вариант увеличивает количество маневровых полурейсов с составом не более чем на два, и передвижение состава к обслуживаемому устройству по этому варианту не влечет прохождения других устройств.

В отличие от показателя надежности в данном случае в расчет принимаются и такие особенности схемы, как, например, дополнительные съезды в горловинах парков, позволяющие изменить порядок выполнения операций.

В основу расчета критерия поточности для ПТС положена существующая методика определения критерия поточности для грузовых станций, адаптированная к условиям работы ПТС. Показатель поточности предлагается рассчитывать как отношение суммарного числа изменений направления движения к общему количеству обрабатываемых вагонов. Расположение основных парков станции определяет количество изменений направления движения составов при перестановке из парка в парк.

При определении стоимостного критерия рассчитываются затраты, связанные с сооружением (реконструкцией) и/или функционированием ПТС. Временной критерий определяется как время, затрачиваемое на выполнение полного цикла технологических операций по подготовке в рейс состава пассажирского поезда. Уровень безопасности оценивается с использованием таких показателей, как коэффициент частоты несчастных случаев, коэффициент тяжести, показывающий среднее число дней нетрудоспособности, приходится на одного пострадавшего в отчетный период, коэффициент потерь.

Одновременно учесть критерии, имеющие различную размерность, привести их к сравниваемому виду можно с помощью различных математических методов, например метода «идеальной точки».

Рассмотренные критерии рекомендуется использовать для оптимизации технического оснащения и технологии работы ПТС. Однако кроме них существует ряд показателей, которые также могут быть формализованы и использованы в расчетах. К таким показателям относятся, например, пропускная (перерабатывающая) способность устройств, загрузка отдельных элементов и др., о которых также говорил профессор Н. В. Правдин.

Современные реалии требуют от транспортной отрасли решения существующих задач и ставят перед ней новые цели. Решение этих задач и до

тижение целей будет основываться на трудах ученых, посвятивших свою жизнь развитию транспортной науки. Таким ученым был и останется в нашей памяти Николай Владимирович Правдин, идеи которого продолжают развивать его ученики.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Правдин, Н. В. Оценка и определение оптимальных технико-технологических параметров ПТС / Правдин Н. В., Каширцева Т. И. // ВИНИТИ. Транспорт. Наука, техника, управление. – 2003. – № 1. – С. 17–19.

2 Каширцева, Т. И. Выбор рационального соотношения объемов работы и технического оснащения ПТС : дис. ... канд. техн. наук. (05.22.08 – Управление процессами перевозок) / Т. И. Каширцева; рук. Н. В. Правдин; Московский ин-т инж. трансп. – М. : 2002. – 245 с.

Получено 22.03.2016.

ISBN 978-985-554-707-6. Проблемы перспективного развития железнодорожных станций и узлов. Гомель, 2017

УДК 656.21:004.414.23

А. К. ГОЛОВНИЧ

Белорусский государственный университет транспорта (БелГУТ)

БАЗОВЫЕ ПРАВИЛА ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ ТРЕХМЕРНОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ СТАНЦИИ

Рассмотрены теоретические аспекты построения 3D-модели путевого развития и технического оснащения станции с учетом уровней сложности формализованного описания правил функционирования объектов в соответствии с физическими законами и технологическими требованиями.

Масштабный план железнодорожной станции определяет координатно точное положение контуров и осей объектов путевого развития и технического оснащения. Для удобства пользователя в состав масштабных планов включаются условные обозначения многих точечных объектов, которые фиксируются одним контрольным пикетом съемки (предельные столбики, сигналы, объекты топографической ситуации).

В процессе формирования цифрового масштабного плана станции используются результаты полевых работ с пространственными координатами контрольных точек съемки. Неиспользуемая Z-координата хранится в базах данных 2D-плана. Она является характерным параметром, определяющим высоты пикетных точек с привязкой к существующей топографической ситуации, отметки верхнего строения пути, уровень возвышения зданий и сооружений и др.

3D-моделирование формирует виртуальную среду, которая благодаря своей масштабной основе максимально приближается к реальному миру. Погружение в этот мир с помощью визуальных и сенсорных устройств превращает программные образы в осязаемые структуры, мало отличимые от реальных объектов. При этом такой виртуальный мир оснащен мощным инструментом прогнозирования, который позволяет заглянуть в ближайшее осязаемое будущее, ожидающее склад повагонных отправок, погруженные выгрузочные пути, площадку погрузки и разгрузки автомобилей.

Трехмерное моделирование технологических операций, выполняемых на железнодорожных станциях, позволит более качественно и эффективно производить мониторинг процессов, наглядно и убедительно демонстрировать возникающие сложности и предупреждать их, что обеспечивает значительную экономию средств и существенно сокращает многочисленные бросовые работы. 3D-модель выполняет функцию регистратора событий не только в реальном, а в виртуальном мире, в котором действуют те же физические законы и соблюдаются все требования к выполнению соответствующих технологических операций. Существенной особенностью виртуального мира является то, что извне можно изменять скорость происходящих в нем событий, ускоряя или замедляя отдельные процессы, визуально наблюдая их через своеобразный окуляр хроноскопа.

Технологические операции на железнодорожных станциях представляют сложные, взаимозависимые события с очень специфическими корреляционными связями и с большим количеством влияющих факторов внешнего и внутреннего характера. Все операции проводятся с обязательным участием определенных технических средств, и эти технические средства также должны стать объектами трехмерного моделирования. Поэтому, прежде чем моделировать операции, следует сформировать 3D-среду окружения этих операций. Адекватность существующей действительности виртуального путевого развития и технического оснащения станции определит качество моделирования технологических операций.

Трехмерные образы путевого развития и технического оснащения следует рассматривать как ресурс для производства операций. Поэтому должна быть безусловная привязка 3D-станции к технологии, так как трехмерный образ на порядок сложнее 2D-плана. И нужно быть уверенным в том, что модель станции правильно отражена в макете, корректно подготовлена к проведению операций. 2D-план в осевом и контурном представлении является по сути условным образом станции, достаточно простым (в виде набора линий абстрактных форм, распознаваемых как стрелочные переводы, сигналы и др.), а 3D-план – реалистичным миром адекватных действительности объектов, наделяемых свойствами эффективного проведения технологических операций.

Построение системы «ресурсного обеспечения» для проведения модельных технологических операций является важнейшим условием реалистичности происходящих событий. Поэтому исходной задачей является разработка макетных 3D-форм связанных объектов путевого развития, технического оснащения станции, способных выполнить определенные технологические операции.

Трехмерная визуализация объектной модели станции позволяет оперировать полноценными реалистическими образами, функционирующими в соответствии с физическими законами и технологическими требованиями. Например, 3D-вагон такой объектной модели, стоящий на приемо-отправочном пути виртуального парка, нельзя свободно переместить в любое место визуальной панорамы курсором или щелчком манипулятора мыши, как это можно выполнить в любом графическом редакторе при создании макетов. В объектной технологической модели 3D-вагон может перемещаться только по 3D-пути под воздействием некоторой внешней силы (эмулятора тягового усилия от локомотива, лебедки), сообщающей вагонам импульс движения. Данное воздействие оказывается на подвижной состав вдоль оси пути в одном из двух возможных направлений. При этом обеспечивается связность колесных пар модельного вагона и поверхности катания рельсов, приводящая к модельному сцеплению частиц колеса и рельса и, как следствие, движению вагона с проворачиванием колеса вокруг оси. При вхождении вагона на 3D-стрелочный перевод производится считывание соответствующего параметра его состояния, указывающего на положение остряков с безопасным проследованием по прямому или боковому пути. При пошерстном движении вагона перемещение разрешается только в том случае, если не будет взрезана стрелка.

Таким образом, в формализованном представлении имеем объекты:

- $A_i(m_j)$, определяющие 3D-вагоны с конкретными техническими и эксплуатационными характеристиками;
- $B_i(n_j)$, указывающие на участки железнодорожного пути с техническими характеристиками и параметрами состояния;
- $C_i(p_j)$, имитирующие действие внешней силы, сообщающей движение модельным вагонам и также имеющие соответствующие базовые атрибуты.

Взаимодействие $A_i(m_j) \oplus B_i(n_j)$ посредством $C_i(p_j)$ заключается в том, что происходит перемещение объектов A_i (3D-вагонов) по объектам B_i (3D-путям) с соблюдением некоторых установленных правил G_i :

- 1) имитирующих физические законы реального мира G_i^f :

- трение колеса и рельса, следствием которого является вращение модельного колеса вагона;

- восприятие усилия со стороны внешнего воздействия, приводящего к движению (при достаточном усилии) вагона как целостного объекта в данном направлении с определенной скоростью с учетом веса вагонов;

- учет профиля пути, приводящего к ускорению или замедлению движения вагона после снятия внешнего воздействия;

2) имитирующих требования технологии G'_i :

- контроль над положением остряков переводов, определяющих перемещение модельного вагона на соседний путь и возможный взрез стрелки;

- закрепление вагона башмаками, удержание стояночным тормозом;

- фиксирование габаритов подвижного состава при нахождении вагонов на других путях;

- невозможность перемещения вагонов за ограничители путей.

Данные правила охватывают общий перечень возможных требований, предъявляемых к виртуальной станции, которые называются контрольным уровнем реалистичности модели.

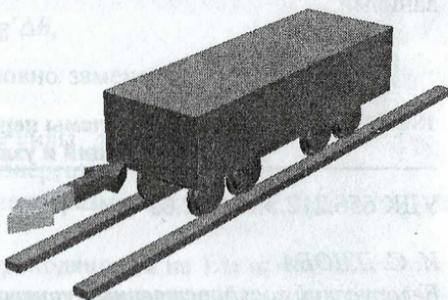
Взаимодействию $A_i(m_j) \oplus B_i(n_j)$ присущи *нежесткие связи* контактирующих объектов. Это значит, что одни и те же объекты $A_i(m_j)$ связываются с различными $B_i(n_j)$ (модельными участками путей и стрелочными переводами с иными значениями контрольных параметров). При достижении границ объекта $B_i(n_j)$ возможна ситуация, когда группа из нескольких модельных вагонов $A_{3,4}(m_j)$ частью перешла границу и вступила в область действия параметров $B_{i+1}(n_j)$, а первые $A_{1,2}(m_j)$ еще связаны с объектом $B_i(n_j)$.

В модели с указанным множеством контрольного уровня модели рассматривается упрощенная *схема условной объектной связи*, когда расписание поведения объектов модели производится по условиям жесткой связи: например, взаимодействие $A_i(m_j)$ (несколько вагонов в модели) и $B_i(n_j)$ (несколько участков пути в модели) определяется по параметрам объекта $B_i(n_j)$ до тех пор, пока хотя бы один из $A_i(m_j)$ находится в области действия $B_i(m_j)$. Данное правило работает только при условии, что все находящиеся на линии взаимодействия объекты $B_i(n_j)$ – линейные участки 3D-пути. Если происходит переход с участка пути на модельный стрелочный перевод, то схема условной объектной связи не работает, и необходимо анализировать положение остряков для правильного вписывания вагонов.

Следует отметить, что указанные физические и технологические требования G_i являются достаточно сложными для начального уровня модели. Исходные наиболее простые модельные схемы содержат отдельные позиции приведенных требований G_i^f и G_i' , а также элементов данных требований. Если в основе модели лежат отдельные физические и технологические требования из списка перечисленных в данной статье, то модель станции называется *условно реалистичной*, при использовании только элементарных позиций этих требований модель становится *начальной*.

Для начальной схемной модели внешняя форма трехмерных станционных объектов может быть разработана на основе «кубик-модели», в которой вагоны изображаются в виде параллелепипеда на колесах с простым профилем фиксации реборды, рельсы – двух полос прямоугольного сечения, а генератор тягового усилия – объемной стрелки с указанием направления воздействия (рисунок 1).

Рисунок 1 – «Кубик-модель» взаимодействующих условных объектов



3D-стрелочный перевод имеет особый статус (площадный объект, сформировавшийся пересечением двух линейных объектов). По сравнению с 3D-путем он имеет не две, а три области (одна – со стороны остряков, и две – со стороны крестовины) взаимодействия с другими объектами модельного путевого развития и характеризуется положением остряков (рисунок 2).

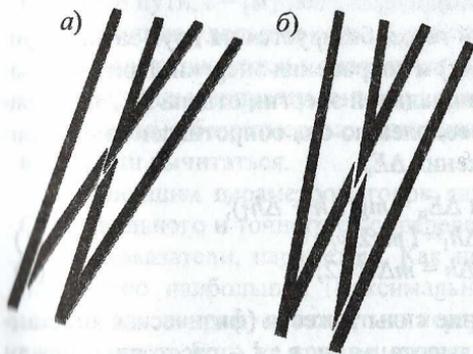


Рисунок 2 – Возможные модельные ситуации фиксированного положения остряков 3D-перевода с перемещением вагонов: а – прямо; б – по боковому пути

При разработке трехмерной модели станции сложно акцентировать внимание одновременно на реалистичности внешнего вида объектов и их функциональности. Поэтому предлагается на базе упрощенной «кубик-модели» формировать отдельные станционные объекты (пока только вагоны и станционные пути) с параметрами, значения которых можно использовать при модельном исполнении технологических операций. Определяется набор исходных, так называемых регулятивных позиций модели, представляющий собой физические и технологические правила, которые должны выполняться в данной модели при перемещении вагонов по путям. Анализ по-

$$\Delta v^2 = 2kg\Delta h. \quad (4)$$

Произведение kg заменяют условной величиной g' ,

$$g' = kg = g / (1 + 0,42n / m),$$

тогда выражение (4) приобретает классический вид

$$\Delta v^2 = 2g'\Delta h, \quad (5)$$

где g' — эмпирическая величина, условно заменяющая ускорение силы тяжести.

При расчёте параметров горок все силы, действующие на отцеп, приводятся в сопоставимые единицы через энергетическую высоту.

Удельные силы сопротивления имеют размерность Н/кН. В этих единицах выражаются:

- постоянно действующие силы, приходящиеся на 1 м прямого пути (основное удельное сопротивление, сопротивление при рассекании воздушной среды, ветра, от снега и инея);

- периодически действующие силы, которые учитываются только на определённых отрезках маршрута (при вписывании в кривые участки пути, проходе стрелочных переводов).

Уклоны профиля — это высота спуска (подъёма), приходящаяся на один километр пути, $i = [м]/[км]$, выражаются в промилле.

Движущие удельные силы f , действующие параллельно наклонной плоскости, рассчитываются в аналогичных единицах Н/кН, т.е. промилле. Таким образом, силы сопротивления, уклоны и движущие силы выступают как равнозначные безразмерные величины и могут при необходимости складываться или вычитаться.

Важнейшим параметром горок является скорость скатывания отцепов. От правильного и точного её определения зависят все остальные характеристики, показатели, параметры. Как правило, проектировщики стремятся к получению наибольшей (максимально возможной) скорости скатывания, так как это напрямую влияет на перерабатывающую способность сортировочной горки. В то же время высокие скорости движения отцепов на спускной части горки ограничиваются техническими возможностями горочных устройств (временем срабатывания устройств автоматики, стрелочных переводов, вагонных замедлителей и т.д.). Чем выше скорость, тем меньше интервал между отцепами и тем выше вероятность брака. По расчётным скоростям и интервалам устанавливаются расстояния между разделительными элементами горки. Поэтому определению скоростей отцепов на различных участках спускной части горки уделяется повышенное внимание проектировщиков и исследователей.

$$v_B^2 = v_0^2 + 2g'l_1(i_1 - w_{AB}) \cdot 10^{-3}.$$

Если скорость отцепа в точке Б v_B оказывается меньше скорости надвига v_0 (отрыв не произошёл), то в соответствии с рекомендациями считается всё же, что отцеп оторвался от состава в точке Б, а его скорость в момент отрыва принимается $v_B = v_0$. Далее рассчитывается скорость отцепа в точке В через рекуррентное уравнение

$$v_B^2 = v_B^2 + 2g'l_2(i_2 - w_{БВ}) \cdot 10^{-3}. \quad (6)$$

Столь сложный алгоритм, на наш взгляд, не совсем оправдан. Замена криволинейного участка профиля ломаной линией продиктована необходимостью поиска точки отрыва отцепа от состава. До определённого момента (точки отрыва) отцеп движется по вертикальной кривой за счёт силы тяги локомотива, сохраняя скорость надвига v_0 . При этом будет потеряна некоторая профильная высота и меньше энергии останется на разгон отцепа. Именно для этого и проверяется скорость в конце первого отрезка АБ. Однако точка отрыва отцепа от состава остаётся не установленной.

В работе [3] предпринята попытка определения точки отрыва отцепа. Авторы отмечают, что «...ввиду отсутствия методики аналитических зависимостей, в расчётах заменяют криволинейные участки профиля горки ломаными линиями, что приводит к значительным погрешностям. ...при расчёте расстояния от вершины горки до первой разделительной стрелки, где недопустима значительная погрешность в определении точек отрыва, метод замены криволинейных участков профиля ломаной линией неприемлем».

Далее справедливо указывается, что отрыв отцепа от надвигаемого состава происходит в точке, где уклон пола вагона i_0 сравнивается с суммарной удельной силой сопротивления Σw_i , $i_0 = \Sigma w_i$. Здесь же приведена графическая зависимость между расстоянием от вершины горки x_j и величиной уклона пола вагона i_0 . Для получения этой зависимости рассмотрен конкретный пример с разделительной площадкой: $R_B = 350$ м, $i_{СК} = 40...55$ ‰ (с шагом 5 ‰) и длиной жесткой базы вагона $FB = 10$ м, при этом выделяются три участка (рисунок 2).

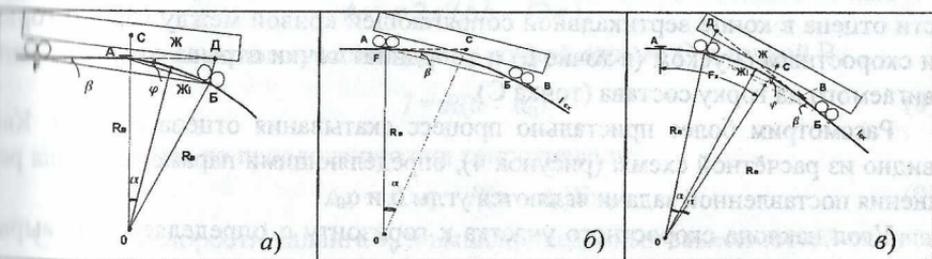


Рисунок 2 – Расчётная схема уклона пола вагона при различных положениях отцепа на криволинейном участке:

a – в начале, $б$ – на участке; $в$ – в конце

Для определения зависимости i_0 от величины x (расстояния от вершины горки до центра тяжести отцепа) используется график (рисунок 3).

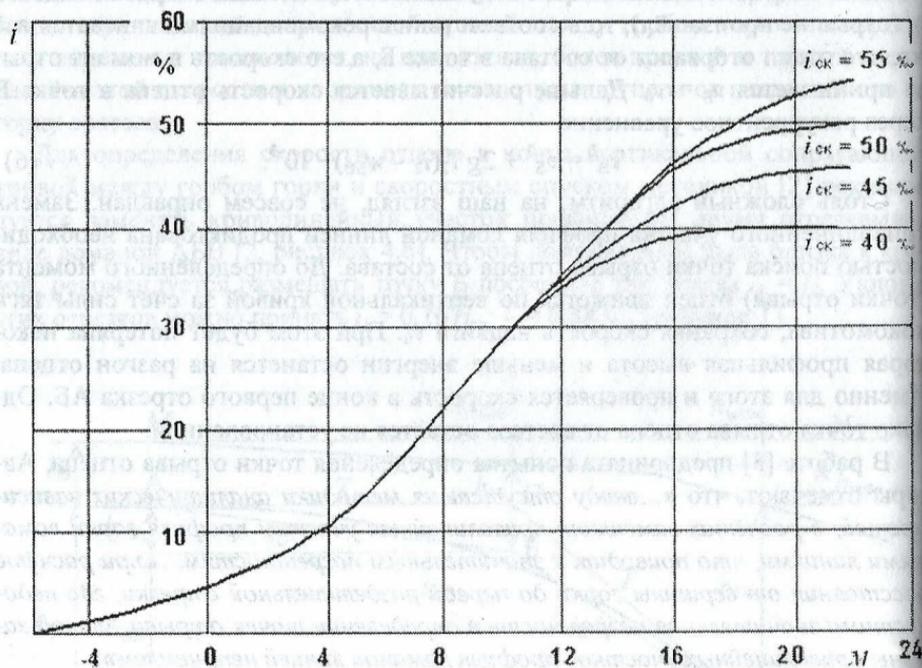


Рисунок 3 – График зависимости текущего уклона от места нахождения вагона

Однако неясно, как можно его использовать, если радиус вертикальной кривой не равен 350 м или скоростной уклон окажется меньше 40 %, отсутствуют рекомендации по использованию на практике полученных графических зависимостей, Скорость отцепа, координаты точки отрыва, потерянная энергетическая высота из графика не определяются.

Как отмечалось выше, целью исследования является определение скорости отцепа в конце вертикальной сопрягающей кривой между горбом горки и скоростным спуском (в точке Б) и координат точки отрыва отцепа от надвигаемого на горку состава (точка С).

Рассмотрим более пристально процесс скатывания отцепа с горки. Как видно из расчётной схемы (рисунок 4), определяющими параметрами для решения поставленной задачи являются углы α и α_0 .

Угол наклона скоростного участка к горизонту α определяется из выражения $\alpha = \arctg(i_{ск})$.

Отрыв отцепа от надвигаемого состава происходит в точке С, где силы сопротивления движению $Q\Sigma W_i$ сравниваются с движущей силой скатываю-

щегося отцепа $Q \sin \alpha_0$, т. е. в точке, где $Q \Sigma w_i = Q \sin \alpha_0$, откуда угол наклона пола вагона в точке отрыва $\alpha_0 = \arcsin(\Sigma w_i)$.

По известному углу α_0 из расчётной схемы определяются координаты точки отрыва: отметка $h_C = R \cos \alpha_0$, расстояние по дуге $l_{AC} = R \alpha_0$.

Отметка точки В (конец круговой кривой) $h_B = R \cos \alpha$. Разность отметок точек С и В

$$\Delta h = R(\cos \alpha_0 - \cos \alpha). \quad (7)$$

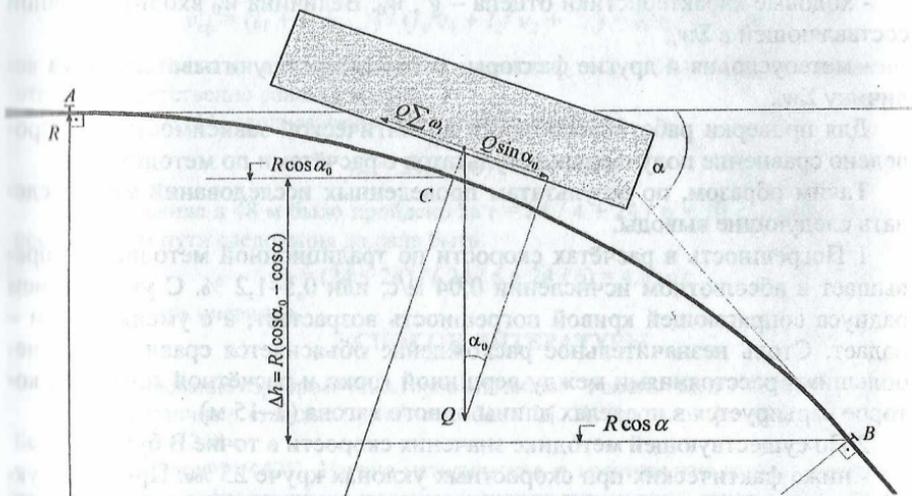


Рисунок 4 – Расчётная схема скатывания отцепов с сортировочной горки

Потенциальная энергия отцепа Δh переходит в кинетическую энергию движения $mv^2/2$ и расходуется на работу сил сопротивления $A_w = mg' l \Sigma w_i$, т. е.

$$mg' \Delta h = m \Delta v^2 / 2 + mg' l \Sigma w_i,$$

откуда приращение квадрата скорости в расчётной точке В

$$\Delta v^2 = 2g'(\Delta h - l \Sigma w_i),$$

где l – длина разгонного участка между точкой отрыва С и точкой В,

$$l = R(\alpha - \alpha_0). \quad (8)$$

Тогда работа по преодолению сил сопротивления

$$A_w = l \Sigma w_i = R(\alpha - \alpha_0) \Sigma w_i. \quad (9)$$

С учётом скорости надвига v_0 и вышеприведенных зависимостей окончательно имеем

$$v_B^2 = v_0^2 + 2g'R [\cos \alpha_0 - \cos \alpha - (\alpha - \alpha_0) \Sigma w_i]. \quad (10)$$

Отметим, что здесь величины углов α и α_0 выражаются в радианах.

Таким образом, удалось получить математически точную аналитическую зависимость для определения скорости скатывающегося с сортировочной горки отцепа в конце вертикальной сопрягающей кривой между горбом горки и скоростным спуском без каких-либо условностей и промежуточных расчётов. В полученной зависимости учитываются все основные факторы:

- скорость надвига – v_0 ;
- конструктивные параметры горки – R, α ;
- ходовые характеристики отцепа – g', w_0 . Величина w_0 входит основной составляющей в Σw_i ;
- метеоусловия и другие факторы, которые могут учитываться через величину Σw_i .

Для проверки работоспособности аналитической зависимости (10) проведено сравнение получаемых результатов с расчётами по методике [1].

Таким образом, по результатам проведенных исследований можно сделать следующие выводы.

1 Погрешность в расчётах скорости по традиционной методике не превышает в абсолютном исчислении 0,04 м/с, или 0,5–1,2 %. С увеличением радиуса сопрягающей кривой погрешность возрастает, а с уменьшением – падает. Столь незначительное расхождение объясняется сравнительно небольшими расстояниями между вершиной горки и расчётной точкой В, которое варьируется в пределах длины одного вагона (7–15 м).

2 По существующей методике значения скорости в точке В будут:

- ниже фактических при скоростных уклонах круче 25 %. При таких уклонах отрыв отцепа происходит раньше, чем заканчивается отрезок АВ. На отрезке АВ потеря энергетической высоты Δh изменяется прямолинейно, но из-за криволинейного профиля величина Δh будет нарастать с ускорением. Поэтому фактическая скорость в точке Б (и, как следствие, в точке В) окажется несколько выше, чем рассчитанная по действующей методике;

- выше фактических скоростей при пологих скоростных уклонах (< 25 %).

В этом случае отрыв в точке Б не происходит из-за малого значения энергетической высоты Δh_{AB} . Но поскольку считается, что отрыв произошёл в точке Б, энергетическая высота разгонного участка Δh получается большей, что и приводит к завышению скорости в точке В. Практическое совпадение результатов по действующей и предлагаемой методике получается при скоростном уклоне 25 %.

3 Предлагаемый способ определения скорости скатывающихся отцепов в конце вертикальной сопрягающей кривой, позволяет сделать методику понятной, простой, более точной. Затраты времени на расчёты по новому методу по сравнению с действующей методикой сокращаются в 3,5–4 раза.

В действующей методике имеется ещё одно замечание. Среднюю скорость отцепа по заданным скоростям на отдельных участках спускной части горки предлагают определять по формуле [1, с. 43]

$$v_{cp} = (v_1 l_1 + v_2 l_2 + \dots) / (l_1 + l_2 + \dots) = \Sigma v_i l_i / \Sigma l_i. \quad (11)$$

Известно, что средневзвешенная скорость должна рассчитываться как отношение всего пройденного пути Σl_i к затраченному времени Σt_i :

$$v_{cp} = \Sigma l_i / \Sigma t_i.$$

Так как на отдельном i -м участке пути время хода $t_i = l_i / v_i$, то средневзвешенная скорость рассчитывается из выражения

$$v_{cp} = (l_1 + l_2 + \dots) / (l_1/v_1 + l_2/v_2 + \dots) = \Sigma l_i / \Sigma(l_i/v_i).$$

Пример. Пусть на двух одинаковых отрезках $l_1 = l_2 = 24$ м скорости движения отцепы соответственно равны 4 и 6 м/с.

По формуле (11) средневзвешенная скорость составит

$$v_{cp} = 24(4 + 6) / 48 = 5 \text{ м/с.}$$

Но расстояние в 48 м было пройдено за $t = 24 / 4 + 24 / 6 = 10$ с, и средняя скорость на всём пути следования должна быть

$$v_{cp} = (24 + 24) / (24 / 4 + 24 / 6) = 4,8 \text{ м/с.}$$

Погрешность очевидна.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Проектирование сортировочных горок : пособие. – Гомель : БелГУТ, 2005. – 170 с.
- 2 Сортировочные станции : учеб. пособие / М. Н. Луговцов [и др.]. – Гомель : БелГУТ, 2009. – 248 с.
- 3 НИР №Д/ю 951(4401). Научно-методические и практические задачи расчётов и проектирования инфраструктуры железнодорожного транспорта : отчет о НИР № Д/ю 951(4401), разд. 1 / Белорус. гос. ун-т трансп. ; рук. В. Я. Негрей; исп. М. Н. Луговцов. – Гомель : БелГУТ, 2007. – С. 151–156.

Получено 17.08.2016.

ISBN 978-985-554-707-6. Проблемы перспективного развития железнодорожных станций и узлов. Гомель, 2017

УДК 656.224(-214)

А. В. КОЛИН, А. А. СИДРАКОВ, М. Ю. САВЕЛЬЕВ, Д. В. ГОНЧАРОВ
Российский университет транспорта (МИИТ)

УВЕЛИЧЕНИЕ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ПРИГОРОДНЫХ УЧАСТКОВ ЗА СЧЕТ МОДЕРНИЗАЦИИ ГОРЛОВИН ТУПИКОВЫХ ПАССАЖИРСКИХ СТАНЦИЙ

Ограничивающим элементом пропускной способности участков часто является нерациональное путевое развитие головных тупиковых пассажирских станций. В

качестве варианта увеличения пропускной способности предлагается оптимизация процесса смены локомотивных бригад при одновременном переустройстве путевого развития и совершенствовании технического оснащения и конструкции пассажирских платформ.

В настоящий момент смена локомотивных бригад на тупиковых пассажирских станциях происходит с существенными задержками, связанными не только с временными затратами на опробование тормозов перед каждым рейсом, но и на необходимость преодоления локомотивной бригадой внушительных расстояний от головы до хвоста поезда.

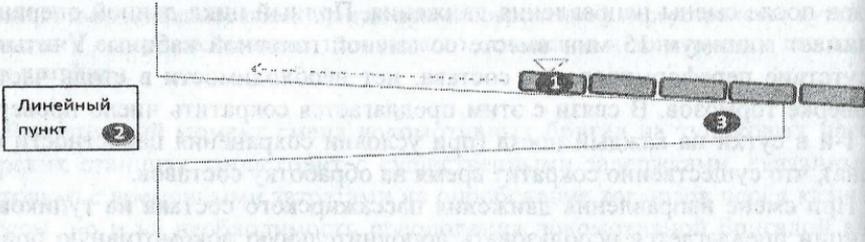
Новая технология, предлагаемая в рамках данной статьи, предусматривает: во-первых, отказ от опробования тормозов моторвагонного подвижного состава при каждом прибытии на станцию; во-вторых, использование дополнительных (резервных) локомотивных бригад при смене направления движения; в-третьих, разделение прибывающих и отправляющихся со станции пассажиров по разным платформам; в-четвертых, оборудование платформ трапелаторами; в-пятых, переукладка стрелочных переводов входной горловины парка прибытия переводами марки 1/11 и, если возможно, — 1/18; в-шестых, изменение конфигурации платформ до трапециевидного типа.

Предлагаемые мероприятия позволят существенно сократить затраты времени нахождения поездов на тупиковых пассажирских станциях, а следовательно, высвободить резервы для прокладывания дополнительных путей для пригородных поездов в график движения.

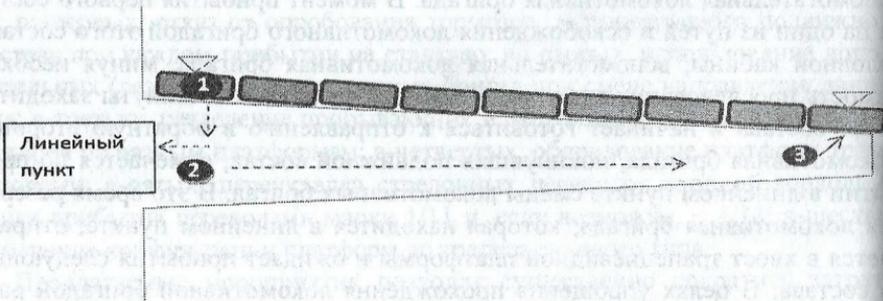
Данная технология предусматривает одновременное взаимодействие двух соседних тупиковых путей, наличие между ними трапециевидных платформ (большей ширины у начала и сужающейся части к концу платформы) с траволатором, размещенным вторым уровнем на конкорсе (управление движения от начала к хвосту платформы), разделение пассажиров прибытия и отправления (с основной трапециевидной платформы пассажиры производят посадку, на боковые соседние платформы они высаживаются).

Разделение платформ по категориям пассажиров необходимо для оптимизации процесса посадки-высадки: при четком разделении сторон, можно сократить время на эти операции путем их совмещения, то есть открыв двери — одной стороны на посадку, другой — на высадку. Как правило, поезда особенно сильно заселяются со стороны турникетов, что приводит к сильному «давку» с одной из сторон состава, другая же часть состава заселяется меньше. В целях компенсации и нахождения баланса заселенности пассажиров, предлагаются траволаторы, устанавливаемые на конкорсе центральной платформы трапециевидного типа, которые позволят за счет большего удобства и скорости перемещать пассажиров в наименее заселенные зоны состава и тем самым увеличить комфортабельность перевозки

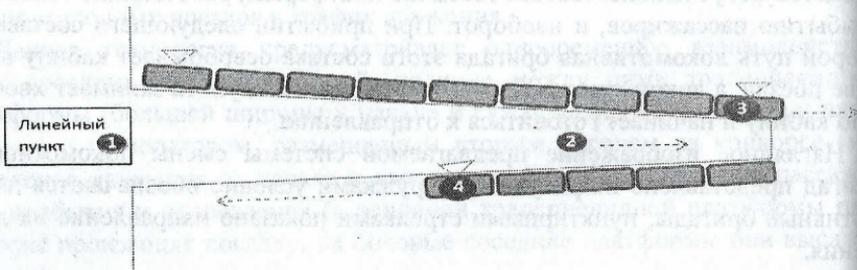
Первый этап



Второй этап



Третий этап



Четвертый этап

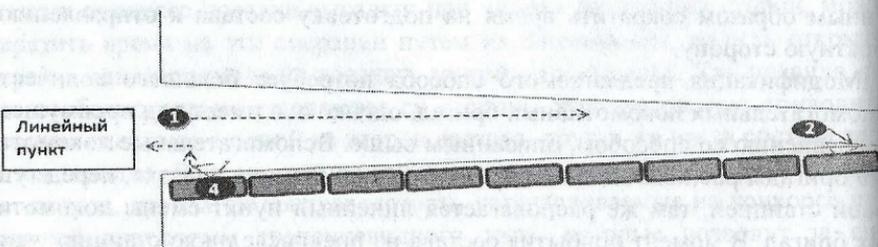


Рисунок 1 – Этапы предлагаемой системы смены локомотивных бригад

С момента остановки вспомогательная бригада начинает подготовку к отправлению, бригада, находящаяся в голове состава, остаётся в кабине и выходит только на следующей станции в месте расположения линейного пункта смены локомотивных бригад. Такая система требует большого количества вспомогательных локомотивных бригад, однако сокращает время на подготовку состава к отправлению.

В настоящий момент типовая горловина тупиковой пассажирской станции (рисунок 2) оборудована многочисленными перекрестными стрелочными переводами и перекрестными съездами, что по техническим характеристикам не позволяет повысить скорость выше 25 км/ч.

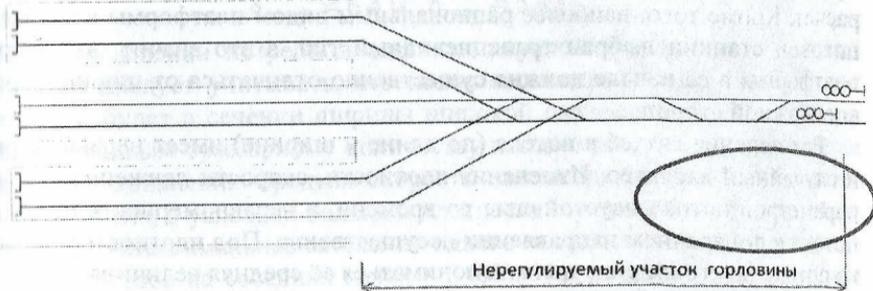


Рисунок 2 – Конструкция горловины путей тупиковой пассажирской станции

Модернизации горловины перронных путей при использовании только двух перронных путей для приема и отправления пригородных поездов (рисунок 3) включает в себя: оборудование горловины стрелочными переводами более пологих марок (1/11 или 1/18), уход от использования перекрестных стрелочных переводов и перекрестных съездов, сокращение длины нерегулируемого участка горловины, где возникают враждебные маршруты, за счет увеличения числа маршрутных светофоров.



Рисунок 3 – Модернизированная конструкция горловины перронных путей тупиковой пассажирской станции

Для проверки эффективности работы предлагаемой модернизации горловины тупиковой пассажирской станции разработан вариант переустройства станции Москва-Пассажирская-Ярославская и определены предельные межпоездные интервалы в пиковые периоды суток.

Пассажирская платформа на крупных тупиковых станциях должна обеспечивать необходимую пропускную способность за время, ограниченное межпоездным интервалом. Важнейшими характеристиками, непосредственно влияющими на пропускную способность платформы, становятся вид, длина и ширина платформы. Но если длину платформы стоит рассчитывать исходя из максимальной длины составов, использующих данную платформу, то, чтобы найти ширину платформы, необходимо произвести детальный расчет. Кроме того, наиболее рациональным видом платформы в случае тупиковой станции выбран трапециевидный тип, а это значит, что ширина платформы в ее начале должна существенно отличаться от ширины противоположной стороны.

Размещение людей в потоке (по длине и ширине) имеет неравномерный и случайный характер. Изменения плотности, скорости движения и других параметров потока неустойчивы во времени, а неравномерность плотности потока в поперечном направлении незначительна. Под плотностью людского потока по его ширине должна пониматься её средняя величина.

Плотность пассажиропотоков на устройствах пассажирских комплексов может быть выражена отношением суммы горизонтальных площадей пассажиров к площади пола:

$$D = Nf / (\delta l),$$

где N – число пассажиров в потоке; f – площадь горизонтальной проекции одного пассажира, м^2 ; δ и l – ширина и длина потока.

При этом максимальная плотность $D_{\text{макс}} = 0,92 \text{ м}^2/\text{м}^2$, удовлетворяющая же комфортным условиям следования пассажиров при $D_{\text{комф}} = 0,75 \text{ м}^2/\text{м}^2$.

Площадь горизонтальной проекции одного пассажира выбирается исходя из наличия у пассажира багажа, тяжелой ручной клади, легких сумок и т.п., и может варьироваться от 0,20 до 0,38 м^2 . В дальнейших расчетах за величину f принимается среднее ее значение: $f = 0,27 \text{ м}^2$. Длина потока l зависит от расстояния между дверьми вагона и составит 20 м (расстояние между дверьми первого вагона) или 1 м (расстояние между ближайшими дверями двух соседних вагонов).

При определении числа пассажиров в потоке необходимо руководствоваться значениями максимальной заселенности каждого вагона при условии “часа пик”, что составляет порядка 250 человек. Кроме того к полученному значению ширины потока необходимо добавлять нормативное значение ширины полос безопасности с двух сторон платформы ($l_{\text{без}} = 0,5 \text{ м}$), тем самым получая значение требуемой ширины платформы.

Рассчитывая ширину узкой части трапецевидной платформы (конец платформы), необходимо учитывать, что максимальный поток пассажиров возможен при одновременном нахождении по обе стороны от платформы двух пассажирских пригородных составов. В каждом вагоне по две двери на выход, а следовательно, максимальный поток (250 человек) будет делиться приблизительно поровну (по 100–150 человек из каждой двери).

В таком случае потребная ширина узкой части трапецевидной платформы определяется следующими данными: $f = 0,27 \text{ м}^2$, $D_{\text{комф}} = 0,75 \text{ м}^2/\text{м}^2$, $D_{\text{макс}} = 0,92 \text{ м}^2/\text{м}^2$, $l = 20 \text{ м}$, $N = 300$ человек (по 150 человек с каждого состава). Таким образом, ширина узкой части платформы составит:

$$\delta_{\text{комф}} = 6,4 \text{ м}, \quad \delta_{\text{мин}} = 5,4 \text{ м}.$$

При определении потребной ширины широкой части трапецевидной платформы следует учитывать, что поток пассажиров, прибывающий на платформу, будет в сечении ширины широкой платформы максимальным, однако не равным суммарному количеству пассажиров, так как пассажиры находятся в движении. Средняя скорость пассажира равняется приблизительно 80 м/мин, в условиях большой плотности стремительно уменьшается до 20 м/мин. Максимальное заселение одного поезда составляет 1700 человек (двух поездов на соседних путях – 3400). Максимальная длина потока пассажиров при этом определится как произведение длины вагона на количество вагонов ($25 \times 11 = 275 \text{ м}$).

Таким образом, при максимальной загруженности платформы, если представить поток пассажиров в виде равностороннего прямоугольника, то ширина самой широкой её части должна составлять:

$$\begin{aligned} \delta_{\text{комф}} &= 3400 \cdot 0,27 / (0,75 \cdot 275) + 0,5 \cdot 2 = 5,5 \text{ м}; \\ \delta_{\text{мин}} &= 3400 \cdot 0,27 / (0,92 \cdot 275) + 0,5 \cdot 2 = 4,7 \text{ м}. \end{aligned}$$

С другой стороны, методика организации обработки подвижного состава предполагает, что каждые 7 мин в среднем будет отправляться по одному составу с платформы. Это означает, что поступление пассажиров на платформу будет колебаться в районе 485 чел. в минуту (или 8 чел. в секунду). То есть поток поступающих пассажиров можно представить как горизонтальную проекцию длиной 8 человек.

При условной длине, занимаемой одним человеком, $f_c = 0,5 \text{ м}$, $N = 8$ чел., $D_{\text{макс}} = 0,92 \text{ м}^2/\text{м}^2$, $D_{\text{комф}} = 0,75 \text{ м}^2/\text{м}^2$, $l = 1 \text{ м}$,

$$\delta_{\text{комф}} = 8 \frac{0,5}{0,75 \cdot 1} + 0,5 \cdot 2 = 6,4 \text{ м}, \quad \delta_{\text{мин}} = 8 \frac{0,5}{0,92 \cdot 1} + 0,5 \cdot 2 = 5,4 \text{ м}.$$

В итоге получаются два варианта, рассчитанные разными методами. Второй метод представляется более точным, и кроме того, при выборе одного из значений, рассчитанных разными методами, следует опираться на большее значение как с точки зрения резервов на перспективу, так и в целях

организации наибольшего комфорта. Таким образом, ширина узкой части платформы должна составлять при комфортных условиях 6,4 м.

В целях проверки предлагаемых мероприятий по усилению пропускной способности тупиковых пассажирских станций было проведено имитационное моделирование процесса работы платформы в «час пик» в программе AnyLogic (программное обеспечение для имитационного моделирования, разработанное российской компанией *The AnyLogic Company*). Первые опыты показали, что сдерживающим фактором в работе платформы прежде всего является турникетная зона. При максимальной пропускной способности турникета – один человек в две-три секунды, в «час пик» на входе в турникетную зону образуется значительное скопление пассажиров, в связи с чем было решено расширить широкую сторону платформы, для того чтобы вместить необходимое количество турникетов. На рисунке 4 представлена схема расположения турникетов и других основных элементов предлагаемого варианта пассажирской платформы. По результатам имитационного моделирования было установлено, что при пассажиропотоке 300 пассажиров в минуту потребуется 20–25 турникетов. Таким образом, автоматически возрастает ширина платформы, достигающая значения 20 м. Ширина сужающейся части при этом должна быть не менее 4 м.

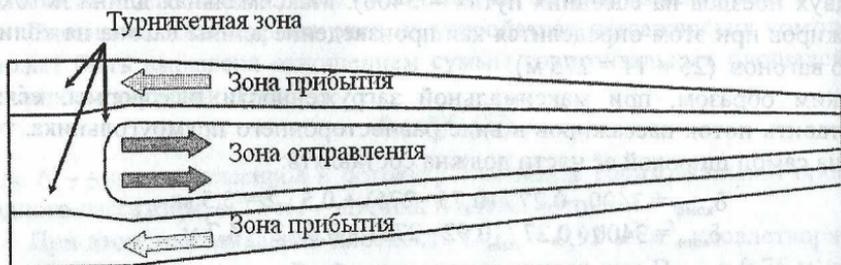


Рисунок 4 – Схема пассажирской платформы

Система показала стабильную работу, однако показатель 300 человек в минуту в настоящий момент не максимален в «час пик». Кроме того, наблюдалось затруднение прохода пассажиров вглубь платформы из-за существенного скопления пассажиров в районе посадки у ближайших к турникетам вагонов.

Результаты имитационного моделирования показывают, что для разных заданных вариантов пропускная способность платформы составляет от 1 до 360 чел. в минуту. Количество турникетов равно 24 шт. Такая конструкция пассажирской платформы способна справляться с максимальным пассажиропотоком в случае возникновения сложностей при движении по платформе.

УДК 656.21.001.2

А. К. ГОЛОВНИЧ

Белорусский государственный университет транспорта (БелГУТ),

А. А. КЛИМОВ, С. П. КАРАСЕВ

Сибирский государственный университет транспорта (СГУПС)

ПРОЕКТИРОВАНИЕ УСТРОЙСТВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ СТАНЦИЙ В РАЗЛИЧНЫХ УРОВНЯХ С УЧЕТОМ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ АСПЕКТОВ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

Рассматривается принципиальная возможность подземного проектирования устройств и сооружений железнодорожных станций на примере экологически опасных устройств локомотивного хозяйства, размещаемого на сортировочной станции. Проводится экспертная оценка технических и технологических преимуществ и недостатков данной схемы.

На территории железнодорожной станции располагается достаточно плотная сеть различного назначения наземных, подземных и воздушных коммуникаций, устройств и сооружений. При развитии крупных, в частности сортировочных станций в последнее время все более актуальной становится проблема недостатка территории для размещения новых путей и парков, развития сортировочных устройств и сооружений локомотивного хозяйства. Последнее является крупным производственным комплексом, который, с одной стороны, тесно технологически связан с работой станции, а с другой – является достаточно специфическим предприятием, работа которого сопряжена с целым комплексом негативных воздействий на окружающую среду.

В настоящее время к высоким требованиям эффективности работы железнодорожных станций добавляются, кроме прочего, достаточно жесткие условия экологичности функционирования устройств. В частности, на сортировочных, участковых, пассажирских и технических станциях все более часто экологические службы обращают пристальное внимание на локомотивные депо с их развитой инфраструктурой зданий и сооружений по ремонту, экипировке и отстоя тягового подвижного состава. Обоснованные претензии предъявляются к складам топлива, масел и других горюче-смазочных материалов, которые хранятся в емкостях, не обеспечивающих в полной мере экологическую безопасность станционной и прилегающих территорий. Загрязнение окружающей среды, повышенный шум, значительная вибрация становятся постоянными причинами, по которым городские власти настоятельно требуют от администрации железной дороги принять меры по снижению уровня экологической опасности объектов железнодорожной станции.

В ряде случаев предлагается вынести депо за пределы города в целях восстановления экологического равновесия селитебных агломераций. Естественно, такая мера не может быть реализована в силу технической и технологической связности локомотивного хозяйства со всеми остальными станционными подсистемами. Поэтому в данном случае потребуется разрабатывать варианты, связанные с выносом всей станции в целом на новую площадку, либо каким-то образом нейтрализовать негативные последствия экологически опасной среды ЛХ.

Вынос всей станции за пределы города – мера кардинальная, требующая значительных финансовых затрат, связанных с воссозданием в полном объеме эксплуатационной инфраструктуры на новом месте, а также восстановлением нарушенных транспортных связей, вызванных изменением месторасположения станции.

Одним из возможных вариантов, совмещающих решения по освоению новых площадок с нейтрализацией негативного воздействия ЛХ на окружающую среду, является перенос устройств и сооружений ЛХ под землю. Подобные решения достаточно часто реализуются в условиях ограниченного пространства при проектировании разного рода промышленных предприятий.

Реализация рассматриваемого варианта в части обеспечения технологического взаимодействия ЛХ и станции потребует соответствующих конструктивных решений, которые будут применяться как при компоновке вновь сооружаемых станций, так и при переустройстве существующих.

Принципиальная схема варианта двухуровневой станции с продольным путепроводом под горкой приведена на рисунке 1. Основой для построения схемы являются рекомендации, изложенные в действующих нормативных документах по проектированию [2].

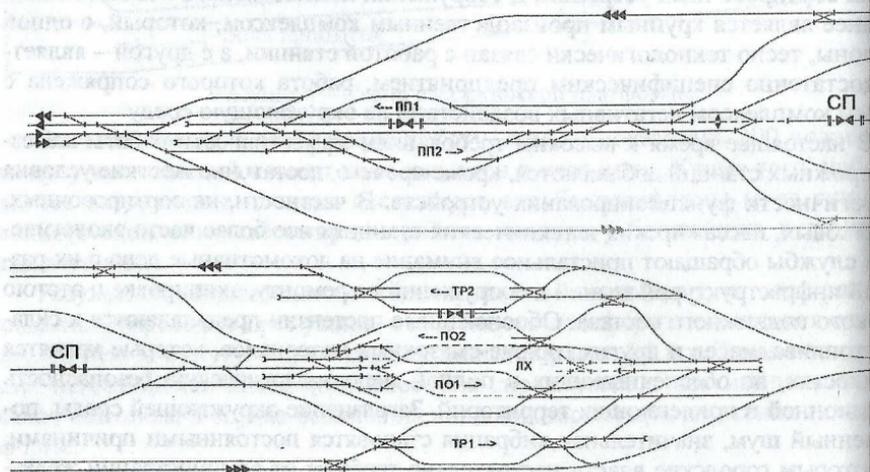


Рисунок 1 – Вариант компоновки схемы сортировочной станции с расположением ЛХ под парком отправления

Характеристика схемных решений:

1 Входная горловина ПП:

- предусмотрена развязка маршрутов приема (в том числе одновременного приема) и отправления поездов;
- предусмотрены дополнительные съезды, в том числе для обеспечения возможности приема/отправления поездов с (на) неправильного пути;
- на схеме горловины разделены маршруты отправления поездов и маршруты смены поездных локомотивов от поездов неперепутываемого направления;
- предусмотрена возможность использования нечетных путей ПП1, специализированных для работы с поездами неперепутываемого направления, для приема поездов преимущественного направления в периоды неравномерности;
- уложены два локомотивных тупика: один для смены поездных локомотивов от поездов неперепутываемого направления (при этом возникает необходимость смены кабины машиниста, которая может составлять от 8 до 15 мин, что приведет к ожиданиям заезда горочных локомотивов под очередной состав и увеличит простой вагонов в ПП); второй – для заезда горочного локомотива за очередным составом.

2 Выходная горловина ПП:

- по сравнению с классической схемой односторонней сортировочной станции в выходной горловине ПП при расположении путей надвига по объемлющей схеме (относительно ходового пути для пропуска поездных локомотивов) практически исключается имеющая место на любой сортировочной станции праждебность маршрутов уборки поездного локомотива в депо и надвига/ропуска состава;
- при попутном надвиге/ропуске составов с четной группы путей ПП на представленной схеме будет возникать точка пересечения с маршрутами следования поездных локомотивов в депо, что можно исключить укладкой дополнительного надвижного пути из четной секции путей ПП.

3 Горловина СП – ПО:

- предусматривается укладка двух локомотивных тупиков и съездов, связывающих тупики с локомотивным хозяйством и ПО (в том числе с ПО1 на случай использования этого парка для отправления четных поездов своего формирования при неравномерностях поездообразования);
- усложняются конструкции горловин ПО и ТР, за счет появления дополнительных кривых и увеличения общей длины путей вследствие необходимости укладки локомотивных тупиков;
- могут возникать пересечения маршрутов смены локомотивов ПО-2 и ТР-2 с маршрутами перестановки составов из СП в ПО (частично этот вопрос можно снять за счет рациональной специализации сортировочных путей);
- может увеличиться загрузка выходной горловины СП и вытяжных путей формирования (ВФ) поездов за счет укладки дополнительного ходового пути для пропуска локомотивов (на многих действующих сортировочных станциях район ВФ-ПО является лимитирующим по пропускной способности); при та-

кой схеме важно обеспечить нормативную длину вытяжек формирования (ВФ) иначе горловина просто не обеспечит выполнение всех операций (на многих действующих сортировочных станциях вытяжные пути формирования практически не имеют нормальной длины – в результате при выполнении операций формированию поездов и других маневровых передвижений фактически задерживаются пути парка отправления, являющиеся продолжением ВФ).

4 Выходная горловина станции:

- предусмотрена развязка маршрутов смены поездных локомотивов у трамвайных поездов и подачи поездных локомотивов к поездам своего формирования с маршрутами приема и отправления поездов (при этом будет иметь место перепробег поездных локомотивов при смене у поездов ТР-2 по ходовому пути см. рисунок 1);

- на локомотивные тупики в выходной горловине станции обеспечивается выход с каждого соединительного пути (при их специализации по направлениям/паркам могут возникать дополнительные простои в ожидании освобождения тупика);

- длину локомотивных тупиков следует предусматривать на несколько локомотивов, так как локомотивы могут выдаваться из депо предварительно.

Устройство «продольной» горки может оказаться полезным при ограниченной территории станции и возможности использования площади только в пределах ее периметра (в том числе и под землей). Концентрация ходовых маршрутов вдоль оси станции в некоторых случаях позволит устранить ряд пересечений другими маневровыми передвижениями и сократить длины полурейсов.

Основным преимуществом данной схемы является исключение негативных экологических последствий функционирования ЛХ. Освобождающаяся территория может рассматриваться как резерв для дальнейшего путевого развития и технического оснащения станции. Предположительно экономически затратный проект перехода на двухуровневое проектирование устройств следует оценивать с точки зрения комплексного подхода к эффективному использованию имеющейся ограниченной территории с практической целью полного использования ресурса площади для развития станции.

Многоуровневые («этажные») конструкции станционных устройств сооружений позволяют сконцентрировать работу на незначительной площади станционной территории за счет увеличения полезного объема по высоте и глубине. Экологически небезопасные операции могут быть вынесены на уровень нижней, подземной этажности. Свод из укрепленного земляного железобетонного настила будет служить хорошим кожухом, надежно защищая и защищая такие устройства от прямого воздействия на окружающую среду. Многочисленные фильтры позволят нейтрализовать вредное влияние выхлопов и вредных с точки зрения экологии веществ (топлива, масел).

Одним из направлений развития крупных железнодорожных станций в условиях стесненной станционной площадки является вынос отдельных устройств и сооружений в подземный уровень. Особый интерес в этом направлении представляет ЛХ, пространственная изоляция которого (при

хранении технологической связи со станцией) представляет интерес, кроме прочего, и с точки зрения улучшения экологии.

ЛХ отличается значительной площадью, занятой необходимым путевым развитием и техническим оснащением, сложностью обустройств, энергонасыщенностью соответствующих сооружений. Для локомотивного хозяйства потребуются разработка достаточно глубокого котлована размерами в плане до 100 × 200 м, на массивных опорах закрепить железобетонный свод, который будет использоваться как основание для конструкций верхнего (наземного) уровня станции. Возникающие нагрузки могут быть настолько велики, что может потребоваться усиливать опорные элементы подземного ЛХ фермами и сплошными стенками, нарезая всю территорию подземного уровня контурными элементами в виде сот. Если существует возможность вывести устройства локомотивного хозяйства за пределы парков станции под землей (см. рисунок 1, вариант ЛХ1), то указанные проблемы станут менее актуальными. Данная схема может стать хорошей альтернативой при благоприятном рельефе с подъемом отметок земли на территории «заложения» устройств локомотивного хозяйства.

В новых условиях подземных устройств следует прогнозировать возможные осложнения в организации работы ЛХ, а также изменение технологии обслуживания тягового подвижного состава. Изменившиеся условия работы устройств подземного уровня станции приведут к возрастанию затрат на текущее содержание, значительно увеличатся расходы, связанные с обеспечением необходимых санитарно-гигиенических условий для причастных работников, в частности, по освещенности, составу воздушной среды, влажностно-температурному режиму и пр.

Эти проблемы обозначены в статье во многом контурно, и при конкретных расчетах эффективности многоуровневых станций потребуется более детально исследовать многие вопросы, в том числе связанные с обеспечением безопасности и охраны труда, экологической составляющей производственных процессов. При этом следует учитывать чрезвычайную важность вопросов улучшения экологии, в том числе за счет новых для железнодорожного транспорта объемно-планировочных решений, и способствовать внедрению подобных решений, даже в том случае, если они не приносят прямого экономического эффекта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Свод правил СП 43.13330.2012 Сооружения промышленных предприятий. Constructions of the industrial enterprises. Актуализированная редакция СНиП 109.03-85. – М., 2013. – 93 с.

2 Правила и технические нормы проектирования станций и узлов на железных дорогах колеи 1520 мм. – М., 2001. – 256 с.

Получено 19.04.2016.

УДК 656.21

С. В. КАРАСЕВ

Сибирский государственный университет путей сообщения (СГУПС)

ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ ИНФРАСТРУКТУРЫ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ СЕВЕРНОЙ АМЕРИКИ И РОССИИ КАК ФАКТОР ФОРМИРОВАНИЯ НОВЫХ ПОДХОДОВ К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ПУТЕВОГО РАЗВИТИЯ И ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ

Приведен анализ факторов, влияющих на расчет путевого развития железнодорожных станций в США и СССР (России). Рассмотрено влияние государственного планирования на неравномерность образования грузопотоков и соответствующие подходы к расчету путевого развития железнодорожных станций. Сформулированы предложения по совершенствованию методологии формирования нормативов по разделению путевого развития с учетом оценки резервов пропускной способности основе триединства конструкции, технологии и структуры перерабатываемых вагонов и поездопотоков.

При определении перспективных задач и выборе методов развития отечественных железных дорог часто прибегают к использованию зарубежного опыта. При этом не только организация эксплуатационной работы, но и развитие железнодорожной инфраструктуры (в частности, железнодорожных станций) в нашей стране и за рубежом исторически имеют ряд особенностей.

Железные дороги Северной Америки (США) по некоторым признакам (в частности, грузонапряженности, осевым нагрузкам, климатическим условиям) имеют достаточно близкое сходство с железными дорогами России. Однако больший интерес представляют объективные отличия, обусловленные в первую очередь, различными условиями эксплуатации, а также логикой исторического развития железнодорожных перевозок.

Одним из важных факторов, исторически повлиявших на развитие железных дорог Северной Америки, а также на подходы к проектированию и развитию железнодорожных станций, явилась общая организация экономики в США и Канаде. В данном контексте имеются в виду особенности рыночной экономики, в частности, преобладающее влияние на направление, объем и структуру грузопотоков факторов спроса на определенное сырье или продукцию в отдельных регионах, а также изменяющаяся конъюнктура рынка.

В результате действия этих факторов железные дороги Северной Америки изначально были вынуждены работать в условиях гораздо большей, по сравнению с плановой экономикой СССР, неравномерности. Проблемы, которыми столкнулся железнодорожный транспорт России в постперестройку

очный период (в частности, сложность достоверного долгосрочного прогнозирования объемов, направления и структуры грузопотоков, нестабильность плана формирования поездов), на железных дорогах Северной Америки присутствовали изначально. Причем там действие этих факторов усугублялось наличием частных железных дорог и достаточно низким уровнем взаимодействия между ними.

Отечественные железные дороги находились в аналогичном положении в дореволюционный период. Однако уже тогда принимались шаги, направленные на решение системных проблем транспорта. Так, например, в 1888 г. царским указом было введено единое управление частными («приватными») вагонными парками на всей имевшейся тогда сети железных дорог Российской империи, что кардинальным образом улучшило качество использования подвижного состава, сократило порожние пробеги, уменьшило нагрузку на инфраструктуру железнодорожных станций и снизило загрузку перегонов [3]. К сожалению, этот положительный исторический опыт оказался востребован только в последние годы, с большой задержкой.

После 20-х годов XX века развитие железнодорожного транспорта в США и СССР происходило в принципиально разных социально-экономических условиях. В условиях планового ведения хозяйства в СССР существовала возможность достаточно качественного и долгосрочного прогнозирования основных параметров грузовых потоков на сети железных дорог. Фактор неопределенности объемов и структуры грузовых перевозок по основным направлениям не имел существенного значения. Имеющиеся колебания объемов работы объектов железнодорожного транспорта были связаны, в основном, с объективными факторами.

Наиболее полную классификацию причин, вызывающих колебания работы транспортных систем и, в частности, железнодорожного транспорта, представил профессор Н. И. Федотов [7], разделив причины колебаний и неравномерности работы железнодорожного транспорта по внешним и внутренним факторам.

К внешним факторам были отнесены:

- колебания объемов выпуска продукции на предприятиях, перерабатываемого сырья и полуфабрикатов, грузов в смешанном сообщении с участием разных видов транспорта;
- изменения вида и назначения выпускаемой продукции, пунктов погрузки и выгрузки различных грузов.

Факторы, отнесенные к внешним, в значительной мере определяются организацией экономики в том или ином государстве. В условиях плановой экономики работа железнодорожного транспорта в области грузовых перевозок была связана с участием в обеспечении планового межотраслевого обмена, поэтому эти факторы не являлись полностью случайными и в значительной мере могли достоверно прогнозироваться.

К внутренним факторам, вызывающим колебания погрузки-выгрузки грузов и размеров работы станций, были отнесены следующие [7]:

- отправление грузов со станций группами, кратными грузоподъемности или вместимости вагонов;
- сгущение погрузки при формировании отправительских маршрутов;
- накопление и формирование на сортировочных станциях технических маршрутов;
- сгущенный пропуск пассажирских поездов в отдельные периоды суток;
- неравномерная подача вагонов под погрузку;
- отклонения от нормативных режимов работы и перерывы в работе различных устройств.

Все вышеперечисленные факторы являются объективными и существуют при любой форме организации экономики, поэтому их роль в формировании отличий в развитии инфраструктуры железных дорог СССР (Россия) и США не так существенна, как внешних факторов.

Логично предположить, что в условиях рыночной экономики, в частности США, изменения вышеуказанных внешних факторов имеют большую амплитуду, чем в условиях ведения планового хозяйства, поскольку существенно зависят от конъюнктуры рынка. Последняя определяется, в числе прочего, и важными субъективными причинами (такими, например, как колебания курсов валют, изменения ставок по банковским кредитам, а также биржевые спекуляции). Изменчивость перечисленных внешних факторов, влияющих на условия работы железнодорожного транспорта, в условиях рыночной экономики также выше.

Эти обстоятельства оказали существенное влияние на различие в подходах к развитию инфраструктуры железнодорожных станций для обеспечения необходимой и достаточной наличной пропускной способности.

В США транспорт изначально вынужден был работать в условиях неопределенности структуры, направления и объема грузопотоков. Работа железных дорог в этих условиях характеризуется высокой неравномерностью вагоно- и поездопотоков. Потребность обеспечить перевозку грузов (выполнить поступающий в произвольное время и в заранее неизвестном объеме «заказ» на перевозку) требовала постоянного наличия соответствующих запасов пропускной и перерабатывающей способности. «Отказы» в выполнении перевозок из-за недостатка наличной пропускной и перерабатывающей способности (которые являются функцией путевого развития и технологии работы), приводили к потере заказов на перевозку, что быстро отражалось на прибыльности работы железнодорожной компании. Обеспечение приема груза к перевозке в условиях значительной неопределенности должно было выразиться в создании существенных резервов путевого развития и мощности станционных устройств. Именно это мы и наблюдаем: железнодорожные станции США имеют значительно большее «удельное» путево-

развитие (т. е. отнесенное на объем переработанного или пропущенного вагонопотока), чем станции России и других бывших республик СССР.

Погашение неравномерности образования грузопотоков происходит, в основном, именно на железнодорожных станциях, которые являются своего рода «компенсационными емкостями», которые принимают на себя «всплески» объемов перевозок. Наличие существенных резервов путевого развития на станциях позволяет сгладить неравномерность образования поездопотоков, направляемых на прилегающие участки. При этом большая часть перегонов остаются однопутными – многопутных и двухпутных линий в США порядка 12 % (в России – около 53 % [1]), поскольку их пропускная способность не лимитирует процесс доставки грузов. Важно отметить, что соответствующие резервы путевого развития закладывались в конструкцию железнодорожных станций изначально. Реконструируемые станции также предусматривают существенные резервы путевого развития.

Формирование линейных объектов сети железных дорог СССР, часть которых территориально оказалась на территории РФ, происходило иначе.

Восстановление и реконструкция существующих, а также сооружение новых станций происходило уже в условиях плановой экономики, важнейшей частью которой был признан железнодорожный транспорт. Так, например, план ГОЭЛРО, многие идеи которого были разработаны до революции [8], но не вызвали интереса у царского правительства, предусматривал комплексное развитие не только электроэнергетики, но и, по существу, всей экономики. Оно достигалось на основе рационального размещения и взаимной увязки производственных мощностей отраслей промышленности (прежде всего, энергоемких, например металлургии), объектов генерации электроэнергии и сетей ее передачи, транспортной системы (основой которой был железнодорожный транспорт).

Быстрое развитие идей практического планирования экономики в СССР одним из следствий имело то, что работа всех крупных производственных предприятий на территории страны была увязана в единый план перемещения сырья и готовой продукции. Таким образом, формирование грузопотоков, которые осваивались железнодорожным транспортом, происходило в плановом порядке. Это существенно снижало значение фактора неопределенности и позволяло использовать план формирования поездов с высокой степенью стабильности.

За счет особенностей плановой экономики (в частности, возможностей долгосрочного планирования объемов работы) отсутствовала необходимость в создании значительных резервов пропускной и перерабатывающей способности. Железнодорожные станции работали в условиях значительно более высокой загрузки, чем за рубежом.

После перестройки железнодорожный транспорт России оказался в условиях, принципиально отличающихся от тех, для которых рассчитывалась

и сооружалась его инфраструктура, в частности железнодорожные станции. Одной из причин, осложнивших освоение объемов перевозок, стало вынужденное воздействие того самого фактора высокой неопределенности грузопотоков (структуры, направления и объемов) и крайне ограниченные возможности их долгосрочного прогнозирования, которое было рассмотрено выше на примере США.

Другой причиной, приведшей к резкому увеличению объема работы железнодорожных станций (а не объема грузоперевозок), стала передача в частные руки. С одной стороны, эта мера позволила обогатить обновление парка грузовых вагонов, а с другой – значительно увеличила нагрузку как на участки, так и на железнодорожные станции. Отсутствие возможности владельца инфраструктуры влиять на объем вагонного парка, находящегося в частных руках, привело к усугублению ситуации: путевое развитие станций стало заполняться вагонами, не выполняющими плановой железной работы. Как и полтора века тому назад, железные дороги столкнулись с острой нехваткой пропускных способностей.

Решение этой проблемы, очевидно, потребует наращивания путевого развития железнодорожных станций, причем создаваемые резервы путевого развития должны быть существенно больше, чем те, что можно было позволить иметь при плановой организации экономики. В противном случае следует иметь в виду вероятность отказов в приеме груза к перевозке и связанные с этим прямые экономические и «имиджевые» потери ОАО «РЖД».

Очевидно, изменившиеся условия работы железнодорожного транспорта требуют тщательного анализа существующих нормативов в области расчета путевого развития железнодорожных станций, многие из которых, очевидно, устарели. Одним из основных общих недостатков включенных в действующие нормативные документы требований является недостаточная связь требований по путевому развитию железнодорожных станций с такими факторами, как технология работы и структура перерабатываемого вагонного и поездопотока. В некоторых нормативах (например, расчет количества приемоотправочных путей [5], расчет количества и вместимости группировочных путей [4]) такой связи вообще не прослеживается.

Нормативы расчета как путевого развития станций, так и наличной пропускной способности, должны стать «многомерными», образовав проективную триаду: конструкция, в которую включаются путевое развитие и техническое оснащение; технология; структура перерабатываемого вагонного и поездопотока. Именно эти факторы определяют величину наличной пропускной и перерабатывающей способности, которая должна быть критерием достаточности путевого развития. К сожалению, сейчас в нормативных документах по определению путевого развития станций [5, 6] сами понятия наличной пропускной и перерабатывающей способности, необходимые уровни их резерва не упоминаются. В свою очередь, Инструкция по расчету

наличной пропускной способности железных дорог [2] в явном виде не ставит в соответствие значения пропускных способностей и необходимые для их обеспечения: а) путевое развитие и техническое оснащение; б) технологичную работу. В результате расчеты в большинстве случаев дают только ориентировочные значения наличной пропускной способности.

На первый план при корректировке нормативов по расчету путевого развития должна выйти технико-экономическая оценка потерь «заказов» на транспортные услуги по причине недостаточного развития инфраструктуры. Следует разработать расчетные методы, которые позволят определять необходимое и достаточное путевое развитие железнодорожных станций с учетом их влияния на указанные потери. Возможно, следует перейти к способу определения путевого развития станций (по крайней мере, на основных грузовых направлениях), который можно условно назвать «полигонным».

При этом способом объектом расчета путевого развития будет уже не отдельная станция, а весь рассматриваемый полигон или направление. Основным методом такого расчета, очевидно, будет имитационное моделирование, позволяющее реализовать динамичные многофакторные математические модели. Задание многих нормативов в явном числовом виде (например, количества путей в зависимости от количества прибывающих на станцию поездов) уже сейчас потеряло свою актуальность и не удовлетворяет потенциальных инвесторов. Можно предположить, что подобные нормативы будут заменены соответствующими расчетными моделями, реализованными в виде пакетов программ (пока процесс разработки различного рода моделей идет достаточно бессистемно).

Таким образом, нормативная база в области расчета путевого развития станций будет подкреплена методическими разработками, реализованными в современном формате, обеспечивающем большую адекватность расчетов, в частности, за счет многовариантности. С учетом того, что многие модели, ввиду их сложности, приобретают черты «черных ящиков», абсолютно необходимой представляется процедура верификации используемых математических моделей. В противном случае всегда будет иметься повод для того, чтобы поставить под сомнение их научную ценность и адекватность. Результаты работы используемых алгоритмов для частных случаев с наблюдаемыми (измеримыми) характеристиками должны обеспечивать необходимую степень совпадения с результатами расчетов с использованием известных и апробированных методов. Полезной была бы организация «аудита» имеющихся в профильных научных институтах и вузах моделей в области расчета и проектирования железнодорожных станций (а в перспективе — и других моделей), формирование общей базы моделей как основы создания нормативно-методической базы нового уровня. Это, как минимум, позволило бы исключить потери времени и иных ресурсов в результате дублирования разработок.

Отдельная научная проблема [7], требующая уточнения и развития – анализ колебаний и неравномерности транспортных потоков в современных условиях, технико-экономическое обоснование необходимого и достаточного уровня резервов пропускной и перерабатывающей способности для разных типов железнодорожных станций, а также для перегонов и полигонов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Годовой отчет ОАО «РЖД» 2013 г. [Электронный ресурс]. Режим доступа <http://ar2013.rzd.ru/ru/>.
- 2 Инструкция по расчету наличной пропускной способности железных дорог. М 2010 – 180 с.
- 3 Станции и узлы / В.Н. Образцов [и др.]; под общ. ред. В.Н. Образцова. – М. 1949. – 540 с.
- 4 Правила и нормы проектирования сортировочных устройств на железных дорогах колеи 1520 мм. – М., 2003. – 168 с.
- 5 Правила и технические нормы проектирования станций и узлов на железных дорогах колеи 1520 мм. – М., 2001. – 256 с.
- 6 Строительно-технические нормы МПС РФ : Железные дороги колеи 1520 мм СТН Ц-01-95. – М., 1995. – 86 с.
- 7 Федотов, Н. И. Исследование процессов работы и проектирования транспортных систем при колебаниях транспортных потоков : дис. ... д-ра техн. наук : 05.04.01 – Эксплуатация железнодорожного транспорта / Федотов Николай Иванович; Новосибирский ин-т инж. ж. д. трансп. – Новосибирск, 1971. – 470 с.
- 8 Энергетика России (1920–2020 гг.). Т. 1. План ГОЭЛРО. – М., 2006. – 1067 с.

Получено 02.04.2016.

ISBN 978-985-554-707-6. Проблемы перспективного развития железнодорожных станций и узлов. Гомель, 2017

УДК 656.212.5

С. В. САВОЧКИН

Сибирский государственный университет путей сообщения (СГУПС)

ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ЗАКРЕПЛЕНИЯ СОСТАВОВ НА СОРТИРОВОЧНЫХ СТАНЦИЯХ

Рассмотрены вопросы организации закрепления составов в горловинах и парках сортировочных станций. Обоснована необходимость создания моделей организации закрепления составов. Обозначены факторы, влияющие на процесс организации закрепления составов. Описаны альтернативные схемы перемещения работников, ответственных за закрепление составов. Определено направление развития в выбранной области.

Для исключения повторения случаев самопроизвольного ухода подвижного состава на станциях Октябрьск и Курган в 2014 году закрепление подвижного состава на станциях общей сети ОАО «РЖД» в настоящее время производится с двух сторон: под крайние оси, с накатом на полоз тормозного башмака. Организация закрепления составов с двух сторон оказывает дополнительную нагрузку на руководителя, ответственного за закрепление, увеличивает трудоемкость и длительность выполнения закрепления и его уборки, приводит к росту занятости станционных путей и, как негативный результат, – к снижению пропускной способности станции [1].

Одной из особенностей технологии закрепления подвижного состава с двух сторон является потребность перемещения работника, ответственного за закрепление, между двумя точками при закреплении на расстояние 1 км и более. В настоящее время дежурные по станции при передаче команд по закреплению составов ответственным лицам не учитывают ряд факторов, которые могут повлиять на время закрепления, трудоемкость при закреплении и приоритет работы с составами. К таким факторам следует отнести расположение стеллажей с тормозными башмаками, расстояние от стеллажей до места закрепления, расстояние между стеллажами, длины поездов в парке и т. д.

Лица, ответственные за закрепление, в свою очередь, не владеют информацией о простоях подвижных единиц, об особенностях работы локомотивных бригад и бригад ПТО и ПКО и другой информацией, необходимой для наилучшей организации закрепления составов. Это означает, что дежурный по станции и работник, ответственный за закрепление, из-за различной доступности информации не имеют общего видения процесса закрепления.

Стоит также заметить, что даже без учета этой особенности, человек как вычислительная единица не в состоянии проанализировать большое количество факторов и параметров для достижения наилучшей экономической эффективности в оперативной обстановке. Основные факторы, которые необходимо учитывать при моделировании организации закрепления составов на сортировочных станциях:

- факторы, влияющие на организацию работы ответственного за закрепление лица (пример: расположение стеллажей в парках и горловинах, наличие тормозных башмаков в стеллажах, наличие неисправных тормозных башмаков в парках, расстояние от стеллажей до закрепляемых подвижных единиц, норма закрепления подвижного состава, расстояние от помещений работников до стеллажей с тормозными башмаками, время выполнения технологических операций);

- враждебные пересечения маршрутов служебного прохода работников станции и маршрутов движения подвижных единиц;

- отвлечение работников на другую маневровую работу (пример: устранение разности между продольными осями автосцепок локомотива и первого вагона путем перестановки вагонов в составе, операции по отцепке ваго-

нов в головной части парка, потребность в уменьшении или увеличении длины поезда, отцепка вагонов в подгорочном парке, работа на выставочных путях вагонного депо, работа с локомотивами без бригад);

- факторы, приводящие к разной экономической эффективности в зависимости от приоритета работы с составами. В качестве примера можно привести наличие простоев подвижных единиц, особенностей работы локомотивных бригад, наличие поездных локомотивов на станции.

На сортировочных станциях в настоящее время нет эффективных моделей, помогающих организации закрепления составов. Методом хронометражных наблюдений было установлено, что из-за отсутствия четких схем организации закрепления составов, дополнительные простои составов в ожидании закрепления (уборки закрепления) суммарно могут превышать два часа в сутки (для парка приема). Создание соответствующей программы на реализованной модели позволит решать задачи выбора приоритетных операций в оперативной обстановке. Это приведет к оптимизации экономических показателей станции в целом.

В перечень вопросов, решаемых с помощью модели организации закрепления составов, входит:

- 1) расчет оптимального времени выхода работников для их перемещения в конечную точку маршрута;
- 2) формирование рекомендаций по планированию оптимальной работы станции;
- 3) формирование статистики по любому параметру расчетов;
- 4) графическое отображение текущих результатов расчета или результатов сформированной статистики и т.д.

Ниже приведено несколько задач, в которых возникает вопрос выбора приоритета маневровых операций. Путевое развитие некоторой станции представлено на рисунке 1.

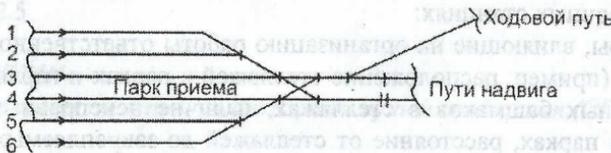


Рисунок 1 – Принципиальная схема парка приема сортировочной станции

В головной части парка работает один составитель поездов. Например на путь 3 парка приема прибывает поезд в разборку, а на занятый путь 6 со стороны сортировочной горки заезжает маневровый локомотив для проведения отцепки локомотива в недействующем состоянии. Тем временем состав на пути 4 готов к надвигу на сортировочную горку. Существует 4 па

рианта решения такой задачи с разными затратами времени, ресурсов и, соответственно, разной экономической эффективностью:

1) составитель поездов закрепляет поезд на пути 3 и переходит на путь № 6 для производства отцепки локомотива в недействующем состоянии, происходит надвиг на сортировочную горку с пути 4;

2) составитель поездов производит отцепку локомотива в недействующем состоянии на пути 6, переходит на путь 3 для закрепления прибывающего поезда, происходит надвиг на сортировочную горку с пути 4;

3) составитель поездов производит отцепку локомотива в недействующем состоянии на пути 6 – происходит надвиг на сортировочную горку с пути 4. После того как горочный локомотив освободит путь 4, составитель поездов закрепляет прибывающий поезд на пути 3;

4) составитель поездов закрепляет поезд на пути 3 – происходит надвиг на сортировочную горку с пути 4. После того как горочный локомотив освободит путь 4, составитель поездов переходит через пути для того, чтобы произвести отцепку локомотива в недействующем состоянии на пути 6.

В ходе работы с моделью можно рассмотреть варианты, когда в процессе надвига составов на сортировочную горку маневровым порядком составитель поездов находится на первом по ходу движения вагоне. После того как составитель поездов сойдет с подножки вагона, возможно движение состава по горочным сигналам. Возможны различные вариации этого маневрового передвижения. Это актуально при значительном расстоянии от места уборки закрепления до места следующего закрепления, т.к. скорость перемещения составителя поездов в некоторых случаях увеличивается в два раза, а следовательно, уменьшается простой в ожидании закрепления (уборки закрепления).

В случае необходимости перемещения составителя поездов с подгорочного парка до головной части парка приема (пример: отцепка вагонов в парке приема со стороны основной горки) можно рассмотреть проезд составителя поездов на маневровом тепловозе, осуществляющем вытяжку с пути сортировочного парка, по одному из путей парка приема. В этом случае возможная задержка вытяжки в результате ожидания составителя поездов, завершающего выполнения каких-либо операций (пример: отцепка вагонов, маневровые передвижения, перемещение в парке и т.д.), может оказаться экономически более целесообразной, чем простой в ожидании закрепления прибывающего поезда на один из путей парка приема, если этот поезд закрепляет тот же составитель поездов.

Модель может использоваться в качестве типового блока при построении более сложного комплекса по моделированию станционных процессов. Планируется, что модель станет основой для моделирования работы парка приема (отправления). Также разработанные алгоритмы могут быть использованы для обучения планирования в вопросах организации закрепления составов на крупных сортировочных и других станциях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Мацкель, С. С. Вопросы организации движения и проектирования станций применением математических методов и ЭВМ / С. С. Мацкель // Сб. науч. тр. – Вып. 132. – Ташкент : ТашиИТ, 1976. – 76 с.

Получено 22.06.2016.

ISBN 978-985-554-707-6. Проблемы перспективного развития железнодорожных станций и узлов. Гомель, 2017

УДК 656.224:656.21.001.2

Ю. О. ПАЗОЙСКИЙ

Российский университет транспорта (МИИТ),

И. С. АБДУЛЛАЕВ

*Волховстроевский центр организации работы железнодорожных станций
Октябрьской дирекции управления движением*

АНАЛИЗ ПРОБЛЕМ ТЕХНИЧЕСКОГО ОСНАЩЕНИЯ ПАССАЖИРСКИХ СТАНЦИЙ И ТЕХНОЛОГИИ ИХ РАБОТЫ

Приводится анализ существующего технического оснащения пассажирских пассажирских технических станций Московского железнодорожного узла с оценкой эффективности их работы.

На сети железных дорог России в настоящее время эксплуатируется 51 пассажирская и 3 пассажирских технических станций, 15 из которых относятся к двум самым крупным железнодорожным узлам России (Московский и Санкт-Петербургский) и выполняют около 40% всего объема работы. Для выявления общих недостатков в развитии, характерных для большинства пассажирских станций России, целесообразно рассмотреть наиболее крупные и проблемные из них: станции Московского и Санкт-Петербургского узлов.

К числу основных параметров пассажирских станций относятся:

- путевое развитие, необходимое для обеспечения беспрепятственного приема и отправления поездов, их технического осмотра и формирования обмывки вагонов, проведения ремонтно-экипировочных операций и отстоя вагонов;

- техническое оснащение станций.

Подробный анализ исследования оснащения технических парков пассажирских станций Санкт-Петербургского железнодорожного узла представлен в работе Сугоровского А. В. «Обоснование этапности развития пассажирских технических станций» [1]. Общим недостатком для всех пассажирских станций является необходимость большого числа маневровых пер

движений по перестановке составов, так как лишь 40 % станций имеют полный комплекс устройств для подготовки составов в рейс.

Наиболее крупным железнодорожным узлом России является Московский, в котором формируется и оборачивается около одной трети всех пассажирских поездов дальнего следования [2]. Он наиболее сложный с точки зрения стесненности городской инфраструктурой, а также испытывает все те трудности технического и технологического плана, которые характерны для остальных железнодорожных узлов России, поэтому представляет наибольший интерес для исследования.

Далее приведена сравнительная характеристика технических (таблица 1) и технологических (таблица 2) параметров всех пассажирских станций Московского железнодорожного узла.

Анализируя данные таблиц 1 и 2, можно сделать вывод, что на станциях Московского железнодорожного узла имеются общие недостатки в техническом развитии. Это, прежде всего:

1) недостаточное: путевое развитие станций; количество путей и пассажирских обустройств в технических парках, параллельных маршрутов в горловинах;

2) отсутствие вагономоечных машин и ремонтно-экипировочных депо.

Перечисленные выше недостатки пассажирских станций препятствуют увеличению размеров движения поездов. Эта проблема является особенно актуальной при возрастании пассажирооборота в центральном регионе страны.

Для развития пассажирских станций целесообразны три вида мероприятий:

- по усовершенствованию технологии работы станции;

- связанные с внедрением новых технических средств и увеличением путевого развития;

- связанные с переустройством для нужд пассажирских станций инфраструктуры грузовых и сортировочных станций, работа которых в соответствии с «Генеральной схемой развития Московского железнодорожного узла до 2030 года» должна быть вынесена за пределы города [3].

Перечисленные мероприятия указаны в той последовательности, в которой они должны проводиться. Первоначально необходимо усовершенствовать технологию работы станций, т. к. финансовые затраты на изменение технологии минимальны. Далее, при исчерпании резерва пропускной способности, необходим переход к следующему комплексу мероприятий, связанному с внедрением новых технических средств и изменением путевого развития.

Как показывает опыт, в современных условиях изменение путевого развития пассажирских станций является сложным и требует больших капитальных вложений. Прежде всего, это связано с тем, что все пассажирские станции (не только в Москве, но и в других городах с большой численностью населения) находятся в районах с плотной городской застройкой.

Т а б л и ц а 1 – Сравнительная характеристика технического оснащения пассажирских станций Московского узла

Станция	Тип (ПС – пассажирская, ПТС – пассажирская техническая)	Класс	Наличие устройств						Количество путей						
			Автоблокировка	ЭЦ стрелок	Локомотивное депо	Вагонное депо	Почтово-багажные	Вагономечная машина	РЭД	дальних	пригородных	главных	с автомобильным подъездом	отстоя	
Москва-Пассажирская Октябрьская	ПС	Внеклассные станции	+	+	+	+	+	+	+	5	5	4	5	19	1
Москва-Пассажирская Казанская	ПС		+	+	+	+	+	-	-	8	9	5	-	8	-
Москва-Пассажирская Курская	ПС		+	+	+	-	+	-	-	10	6	5	-	7	-
Москва-Пассажирская Киевская	ПС		+	+	+	+	+	+	+	8	6	4	1	17	3
Москва-Пассажирская Ярославская	ПС		+	+	+	+	+	+	+	11	10	4	3	16	-
Москва-Пассажирская Павелецкая	ПС		+	+	-	+	+	-	-	5	6	3	1	9	-
Москва-Пассажирская Смоленская	ПС		+	+	+	+	+	-	-	6	4	4	1	17	1
Каланчевская	ПТС		+	+	+	-	-	+	-	17	3	2	-	16	-
Николаевка	ПТС		+	+	-	+	-	+	+	33	-	1	8	33	6

Применение таких эффективных мер по увеличению пропускной способности станций, как строительство дополнительных приемоотправочных путей влечёт увеличение площадей, занимаемых станциями, что не всегда представляется возможным. Из этого следует, что данные мероприятия не всегда применимы и достаточно быстро исчерпают себя.

Таблица 2 – Сравнительная характеристика технологических параметров пассажирских станций Московского узла

Станция	Число отправляемых поездов в сутки			Максимальное число отправляемых поездов в сутки			Число составов на линии для отстоя	Длина путей парка, ваг.	Длина пассажирских поездов, ваг.	Средняя длина пассажирского поезда, ваг.	Максимальная нагрузка горловины, %	Число маневровых локомотивов	Число вывозных локомотивов	Норма содержания резервных вагонов	Количество постов ЭЦ	Штат станции, чел.
	Своего формирования	Формирования других депо	Пригородных	Своего формирования	Формирования других депо	Пригородных										
Москва-Пассажирская Октябрьская	11	17	80	23	29	82	5	13-20	12-18	16	86	5	3	80	2	87
Москва-Пассажирская Казанская	3	66	125	3	75	148	61	15-22	12-22	17,5	90	2	10	-	1	75
Москва-Пассажирская Курская	4	25	191	14	48	216	19	19-24	8-22	15	92	1	2	-	3	45
Москва-Пассажирская Киевская	6	25	101	14	25	101	5	10-24	3-24	11	64	4	2	60	3	73
Москва-Пассажирская Ярославская	8	30	240	10	35	250	4	11-24	6-23	19	90	6	4	100	1	95
Москва-Пассажирская Павелецкая	-	22	98	-	31	103	-	15-23	15-22	16	57	3	-	-	1	48
Москва-Пассажирская Смоленская	6	16	97	12	21	97	1	16-19	6-22	17	54	2-3	1	50	1	56
Каланчевская	4	15	50	14	27	50	2	14-26	8-22	16	52	1	2	46	1	54
Николаевка	9	52	-	9	52	-	-	14-27	12-22	17,5	80	2	10	45	2	42

Следующим шагом в развитии пассажирских станций является использование инфраструктуры грузовых и сортировочных станций. Он является

наиболее эффективным с точки зрения освоения растущего поездопотока т.к. позволяет высвободить пути технических парков пассажирских станций. С целью повышения эффективности работы предлагается рассмотреть новейшее для нашей страны мероприятие – строительство эстакадных развязок, включающее в себя строительство приемоотправочных путей в двух уровнях. Данная мера является актуальной, потому что, как было указано выше, увеличить площадь, занимаемой станцией, весьма сложно, а строительство второго уровня увеличит количество путей на станции без увеличения занимаемой площади. Эта мера позволит использовать инфраструктуру грузовых и сортировочных станций, так как строительство эстакадных развязок планируется на территории, занимаемой в настоящее время грузовыми станциями [4].

В таблицах 3–5 приведен комплекс предлагаемых мероприятий по развитию пассажирских станций с указанием положительных и отрицательных последствий их проведения.

Анализ комплекса мероприятий по усилению технического оснащения пассажирских станций Санкт-Петербургского и Московского железнодорожных узлов показывает его универсальность и актуальность внедрения на большинстве крупных пассажирских станций России.

Без развития пассажирских и пассажирских технических станций невозможно говорить о стратегическом развитии скоростного и высокоскоростного железнодорожного транспорта, которое предусмотрено Транспортной стратегией Российской Федерации до 2030 года, прогнозом долгосрочного социально-экономического развития страны [5]. Данный прогноз включает в себя четыре основных проекта высокоскоростных магистралей (далее – ВСМ): Москва – Казань; Москва – Адлер; Москва – Санкт-Петербург; Казань – Самара.

Необходимо отметить, что реализация указанных проектов ВСМ приведет к переориентации 18–25 млн пассажиров с традиционных дальних пассажирских перевозок и отмене части традиционных пассажирских поездов курсирующих между городами, соединяемыми ВСМ. Вместе с тем строительство ВСМ обеспечит индуцированный спрос на перевозки между станциями ВСМ и близлежащими крупными городами и будет способствовать росту спроса на скоростные межрегиональные перевозки, в том числе за счет привлечения пассажиров с альтернативных видов транспорта [5].

Реализация вышеперечисленных проектов потребует детального пересмотра технологии работы крупнейших железнодорожных узлов и пассажирских станций России. С появлением ВСМ изменятся требования по эксплуатации подвижного состава (марка стрелочного перевода, максимальная скорость проследования), организации движения высокоскоростных поездов (норматив на приготовления маршрута, специализация путей, враждебность маршрутов), безопасности движения поездов (запрет на скрещение негабаритными и сыпучими грузами, на производство маневров по неинформированным маршрутам), охране труда (нормативное время прекращения работ, безопасное расстояние для работников на время прохода поезда, оповещение по громкоговорящей связи) и т.д.

Таблица 3 – Изменение технологии работы станций (1-я группа)

Мероприятие	Положительный эффект	Отрицательные стороны
Перестановка составов из парка на приемоотправочный путь и уборка состава с приемоотправочного пути в парк поездными электровозами	<p>На приемоотправочном пути выполняется сокращенное опробование тормозов.</p> <p>Сокращение времени занятия приемоотправочного пути поездом.</p> <p>Снижение загрузки маневрового локомотива.</p> <p>Снижение загрузки горловины за счёт сокращения числа передвижений</p>	<p>Обустройство электровозов маневровой радиосвязью.</p> <p>Увеличение накладного времени работы машинистов поездных электровозов.</p> <p>Электрификация всех путей в парке</p>
Выдача бланка предупреждений для поездов через работника локомотивного депо [в настоящее время после выезда локомотивов на приемоотправочный путь помощник машиниста получает предупреждение у дежурного по парку (по станции)]	<p>Сокращение времени занятия приемоотправочного пути.</p> <p>Снижение загруженности дежурных по парку.</p> <p>Снижение риска возникновения производственного травматизма</p>	Передача несвойственных обязанностей дежурному по депо
Использование путей грузовых и сортировочных станций для отстоя вагонов	Снижение загрузки технических парков станций	Дополнительные затраты на вывоз поездов на грузовые и сортировочные станции
Создание единой технологии работы с прилегающими грузовыми станциями	Рациональное использование путей грузовой и пассажирской станций	Удаленность постов от административного здания

Таблица 4 – Внедрение новых технических средств и совершенствование путевого развития станций (2-я группа)

Мероприятие	Положительный эффект	Отрицательные стороны
<p>Укладка дополнительных съездов.</p> <p>Замена имеющихся съездов глухими пересечениями</p>	<p>Параллельность маневровых передвижений.</p> <p>Увеличение пропускной способности горловины.</p> <p>Выход со всех главных путей на все приемоотправочные</p>	Возможное уменьшение длины приемоотправочных путей

Окончание таблицы 4

Мероприятие	Положительный эффект	Отрицательные стороны
Увеличение длины приемоотправочных путей и путей в технических парках	Увеличение составности пассажирских поездов	Большой объем затрат
Строительство ремонтно-экипировочного депо (РЭД) или дополнительных путей в существующем РЭД	Повышение качества обслуживания пассажиров. Повышение уровня безопасности движения поездов. Сохранность вагонного парка	Большая занимаемая площадь. Большой объем затрат
Строительство вагонномоечной машины (ВММ)	Повышение качества подготовки пассажирских поездов	Большой объем затрат
Обеспечение подъезда автомобилей к путям в технических парках	Сокращение числа маневровых передвижений в парках отстоя вагонов, вызванных перестановкой составов на пути, где обеспечивается подъезд автомобилей для экипировки	Возможное уменьшение числа путей в технических парках для уширения междупутий
Оборудование путей в парке отстоя составов колонками УЗОТ-П (для опробования тормозов), колонками для зарядки аккумуляторных батарей	Сокращение числа маневровых передвижений. Сокращение минимального времени оборота поезда. Снижение загрузки маневровых локомотивов	Возможное увеличение ширины междупутий потребует дополнительных площадей
Оборудование путей в технических парках смотровыми канавами для осмотра ходовых частей вагонов. Электрификация путей в технических парках. Включение ручных стрелочных переводов в ЭЦ	Сокращение количества и времени маневровых передвижений. Повышение уровня безопасности движения. Сокращение времени нахождения вагонов в ремонтно-экипировочном депо	Рост затрат на содержание путей и стрелочных переводов

Т а б л и ц а 5 – Переустройство инфраструктуры станций (3-я группа)

Мероприятие	Положительный эффект	Отрицательные стороны
Переустройство грузовых станций под обслуживание пассажирских поездов после выноса грузовой работы на сортировочные станции	Совершенствование работы пассажирских станций. Увеличение числа поездов. Повышение качества подготовки пассажирских составов	Капитальные затраты на переустройство. Увеличение расхода маневровых передвижений

Окончание таблицы 5

Мероприятие	Положительный эффект	Отрицательные стороны
Строительство второго уровня приеомсправочных путей	Резкое увеличение пропускной способности пассажирской станции. Эффективное использование территории города	Капитальные затраты на переустройство

Все это вызовет дополнительные инфраструктурные и технологические ограничения и, как следствие, необходимость внедрения мероприятий по усилению пропускной способности пассажирских и пассажирских технических станций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Сугоровский, А. В. Обоснование этапности развития пассажирских технических станций. Дис. ... канд. техн. наук. – Санкт-Петербург, 2010. – 24 с.
- 2 Правдин, Н. В. Пассажирские и технические станции / Н. В. Правдин [и др.]; под общей ред. Н. В. Правдина. – М. : Транспорт, 1965. – 224 с.
- 3 Генеральная схема развития Московского железнодорожного узла до 2030 года. – М. , 2006. – 10 с.
- 4 Абдуллаев, И. С. Перспективы развития пассажирских станций / И. С. Абдуллаев // Мир транспорта. № 2. – 2015. – С.160–164.
- 5 Стратегия развития холдинга «РЖД» на период до 2030 года. – М. , 2013. – 136 с.

Получено 16.10.2016.

ISBN 978-985-554-707-6. Проблемы перспективного развития железнодорожных станций и узлов. Гомель, 2017

УДК 656.21

Ю. И. ЕФИМЕНКО, П. К. РЫБИН, М. В. ЧЕТЧУЕВ

Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I (ПГУПС)

ОСОБЕННОСТИ ОПТИМИЗАЦИИ ЭТАПНОСТИ РАЗВИТИЯ СТАНЦИЙ И УЗЛОВ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЁННОСТИ ИСХОДНОЙ ИНФОРМАЦИИ

Указаны основные факторы, ограничивающие возможность применения теории оптимизации этапности развития железнодорожных станций и узлов в реальных условиях. Изложены существующие методы определения оптимальной траектории наращивания перерабатывающей способности станции при наличии неопределённости исходных данных. Предложен способ корректировки прогноза перспективных объемов работы станции в условиях рыночной экономики.

Эффективность любого проектного решения может быть достигнута только при достаточном совпадении заложенных в проект исходных данных и достигнутых после реализации проекта фактических размеров и условий работы. Особую важность это приобретает при обосновании этапности развития железнодорожных станций и узлов, когда планируются сроки капиталовложений на период 15–20 лет.

Необходимо отметить, что одним из основных недостатков сложившейся системы проектирования и строительства железнодорожных объектов является отсутствие контроля за точностью закладываемых в проект исходных данных и анализа причин отклонения фактических значений размеров работы и стоимостных показателей от принятых при проектировании. В этих условиях все технико-экономические расчёты являются расчётами потенциальными, поскольку после утверждения и выделения средств на строительство контроль за соответствием расчётных и фактических условий и размеров работы построенных объектов не ведётся. На это ещё в 1971 г. указывал Г. Е. Эдельгауз [1].

Разработанная к настоящему времени теория оптимизации этапности развития железнодорожных станций и узлов применима в полном объёме лишь для условий устойчивого роста объёмов работы при полной достаточности исходных данных: размеров движения поездов по годам расчётного периода, исходных капиталовложений для реализации всех рассматриваемых вариантов технического состояния станции или узла, значений капитальных вложений для перехода от каждого варианта технического состояния ко всем возможным другим и эксплуатационных расходов по каждому варианту технического состояния в году расчётного периода. В реальных условиях достичь этого не представляется возможным по следующим причинам:

1 Прогнозируемые объёмы работы станций на перспективу носят вероятностный характер, причём разброс возможных значений этих объёмов возрастает с увеличением периода планирования. Поэтому реальная траектория увеличения объёмов работ по годам расчётного периода при правильном прогнозе будет лежать внутри некой расширяющейся области, ограниченной линиями минимальных и максимальных возможных значений, построенных исходя из принятого уровня достоверности (рисунок 1).

2 Поскольку от размеров работы зависят значения потребных капиталовложений и годовых эксплуатационных расходов, то эти значения будут иметь также вероятностный характер. Кроме того, следует учитывать, что при обосновании этапности развития станций и узлов потребные капитальные вложения определяются, как правило, по укрупнённым показателям стоимости строительства или с использованием проектов-аналогов. Согласно [2] погрешность при определении капиталовложений указанным способом составляет $\pm 15\text{--}20\%$.

3 Погрешности в определении стоимостных показателей могут существенно увеличиваться из-за изменения во времени цен на строительномонтажные работы и нормативов эксплуатационных расходов.

Учитывая изложенное, следует признать, что в реальных условиях наличие неопределённости в пространстве параметров показателя эффективности является не исключением, а правилом. Поэтому в общем случае постановка вопроса об определении строго установленной оптимальной траектории развития станции или узла является в настоящее время неоправданной. На перспективу 15–20 лет можно вести речь лишь об области вероятностных оптимальных решений, которая может быть достаточно широкой.

Срок целесообразности перехода к очередному этапу развития объекта определяется из условия [3]

$$K_{i \rightarrow j}(\alpha_t - \alpha_{t+1}) \leq (\mathcal{E}_{t+1,i} - \mathcal{E}_{t+1,j})\alpha_{t+1}, \quad (1)$$

где $K_{i \rightarrow j}$ – капиталовложение для перехода от i -го к j -му варианту технического состояния, руб.; α_t, α_{t+1} – коэффициенты дисконтирования затрат для t -го и $(t+1)$ -го годов; $\mathcal{E}_{t+1,i}, \mathcal{E}_{t+1,j}$ – эксплуатационные затраты $(t+1)$ -го года соответственно для i -го и j -го вариантов технического состояния объекта, руб.

Согласно условию (1) переход к очередному этапу развития наступает при достижении некоторого граничного значения размеров работы N_{i-j} , при котором разница эксплуатационных расходов оправдывает капиталовложения на переход от i -го к j -му варианту технического состояния железнодорожной станции или узла. Однако и само граничное значение объёмов работы N_{i-j} с учётом погрешностей определения потребных капиталовложений K_{i-j} и величин эксплуатационных расходов $\mathcal{E}_{t+1,i}$ и $\mathcal{E}_{t+1,j}$ будет колебаться в некоторых пределах от N_{i-j}^{\min} до N_{i-j}^{\max} . Вследствие этого зона вероятностных оптимальных сроков перехода к очередному этапу $\tau_{i-j}^{\text{опт}}$, которую целесообразно назвать зоной неопределённости переходов, будет увеличиваться (рисунк 2).

Таким образом, задача оптимизации этапности развития станций и узлов в реальных условиях сводится к определению наиболее вероятного положения оптимальной траектории изменения технического состояния проектируемого объекта в области её возможных значений.



Рисунок 1 – Иллюстрация интервального прогноза перспективных размеров работы станции

Постановка задачи оптимизации этапного развития сортировочных станций при задании исходной информации в вероятностной и неопределённой формах рассматривалась в исследованиях, выполненных под руководством профессора Н. В. Правдина [4]. В нём решение задачи оптимизации этапности развития рекомендуется вести в такой последовательности:

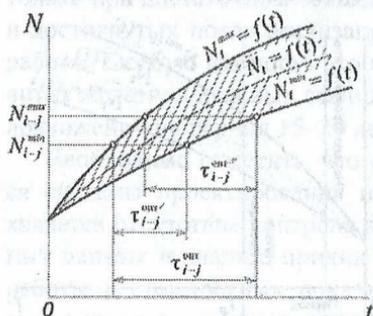


Рисунок 2 – Иллюстрация увеличения зоны неопределённости переходов при колебаниях стоимостных показателей

1 На расчётный период $[t_0, T]$ с помощью метода Монте-Карло генерируется множество нагрузок $N = N_1(t), N_2(t), \dots, N_R(t)$. Число реализаций определяется исходя из заданного уровня вероятности и допускаемой погрешности.

2 Для каждой реализации набора нагрузок определяется вариант оптимальной этапности развития станции.

3 Подсчитывается вероятность появления i -й схемы развития по формуле

$$P_i = \frac{n_i}{R}, \quad (2)$$

где n_i – количество повторений i -й схемы этапного развития железнодорожной станции в R реализациях.

4 После размещения значений P_i в порядке убывания определяются первоочередные работы, которые вошли во все или часть схем этапного развития. Если с помощью этого метода не удаётся выбрать наиболее предпочтительный вариант этапности, то рекомендуется следующий подход.

Из множества вариантов этапности выбирают 3-4, имеющих наибольшее значение P_i , и каждый вновь просчитывают для всех значений нагрузок $N_i(t)$. Выбор окончательного решения рекомендуется по минимальному значению средних приведённых затрат, полученных в результате R реализаций

$$\Theta_{\kappa} = \frac{\sum_{s=1}^R \Theta_{i,k,s}}{R}. \quad (3)$$

Другой подход предложен в работе Н. В. Ардашина и Н. А. Тужилкиной [5] и заключается в следующем.

Для определения схемы этапного усиления наличной перерабатывающей способности сортировочной станции и сроков проведения реконструктивных мероприятий в расчётном периоде $[t_0, T_p]$ выделяют начальный период планирования $[t_0, t_n]$. На весь расчётный период намечают (прогнозируют) несколько вариантов возможного изменения вагонопотока $N_i(t) = \{N_1(t),$

$N_2(t), \dots, N_k(t) \rightarrow Q_i(t)$, где $Q_i(t)$ – область, в пределах которой будет находиться предъявляемый к переработке вагонопоток.

Для каждого варианта $N_i(t) \rightarrow Q_i(t)$ методом динамического программирования определяется оптимальная схема развития станции и сроки реализации очередных этапов. Из полученного набора мероприятий выделяют те, которые должны быть реализованы в период $[t_0, t_n]$. В результате будет получено некоторое множество упорядоченных по времени последовательностей ввода очередных этапов развития станции за период $[t_0, t_n]$.

Для каждой зафиксированной оптимальной траектории развития $\alpha_i(t) \rightarrow \alpha(t)$ определяют суммарные приведённые затраты за расчётный период $[t_0, T_p]$ при всех вариантах изменения вагонопотока из намеченного множества $N^*(t)$.

Для выбора наиболее рационального варианта рекомендуется использовать три критерия: Байеса (Лапласа), Сэвиджа и Гурвица [6]. Окончательно рекомендуется принимать тот вариант, которому в результате критериальной оценки отдано предпочтение большим числом критериев.

В работе [7] выбор решения базируется на исследовании вероятностей сроков целесообразности перехода от одного к другому варианту развития.

Рассмотренные выше методы выбора оптимальной траектории наращивания перерабатывающей способности станции в условиях неопределённости исходной информации основаны на попытке принятия наилучшего из множества решений, полученных из вероятностных значений.

Однако известно, что теория вероятностей неприменима к единичному событию, каким является выбор варианта этапности развития конкретной станции, поэтому для получения наиболее рационального решения необходимо сокращать зону неопределённости переходов. Это может быть достигнуто повышением точности прогноза перспективных объёмов работы и значений единичных стоимостных показателей. Но это возможно лишь в условиях плановой экономики, а с переходом к рыночным отношениям все прогнозы подвергаются, как правило, многочисленным корректировкам. В работе [8] рассмотрен один из возможных вариантов такой корректировки на основе волновой теории Элиота применительно к объёмам поступления вагонов на проектируемую станцию Лужская-Сортировочная. Полученные авторами результаты показали возможность оперативной корректировки проектных значений вагонопотоков, однако оценить точность полученных результатов не представляется возможным.

Учитывая изложенное, следует отметить, что наиболее эффективным способом повышения точности прогноза является периодическая корректировка прогнозных объёмов работы (см. рисунок 1), которая в идеале может быть ежегодной. Однако учитывая большую трудоёмкость вычислений по обоснованию этапности развития станций, реализовать эту идею можно будет лишь после внедрения системы автоматизированного проектирования железнодорожных станций (САПР ЖС).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Эдельгауз, Г. Е. Точность, надёжность и устойчивость экономических показателей : автореф. дис. ... д-ра. эконом. наук : 08.00.05. – Л., 1971. – 36 с.
- 2 Луговой, П. А. Основы технико-экономических расчётов на железнодорожном транспорте / П. А. Луговой, Л. Г. Цыпин, Р. А. Аукционек. – М. : Транспорт, 1973. – 232 с.
- 3 Обоснование этапности развития железнодорожных станций и узлов : дис. ... д-ра техн. наук : 05.22.08 / Ефименко Юрий Иванович; Санкт-Петербургский университет путей сообщения. – СПб., 1992. – 394 с.
- 4 Сортировочные станции (теория, практика, прогнозы) : учеб. пособие. – Ч. III / Н. В. Правдин [и др.]; под ред. Н. В. Правдина. – Гомель : БелИИЖТ, 1980. – 82 с.
- 5 Ардашин, В. А. Учёт фактора неопределённости исходной информации о вагонопотоке при планировании развития сортировочных станций / В. А. Ардашин // Вопросы совершенствования планирования и применения математических методов на транспорте : тр. ИКТП. – М., 1979. – Вып. 69. – С. 153–158.
- 6 Ефименко, Ю. И. Проблемы повышения точности проектных решений при обосновании рациональной этапности развития железнодорожных станций: статья Ю. И. Ефименко, М. В. Четчуев // Актуальные проблемы управления перевозочным процессом : сб. науч. тр. / ред. Ю. И. Ефименко. – СПб. : ПГУПС, 2010. – Вып. 10. – С. 64–70.
- 7 Ефименко, Ю. И. Оптимизация развития станций и узлов при случайных колебаниях прогнозных объёмов работы / Ю. И. Ефименко, Н. В. Тулякова, Л. А. Олейникова // Актуальные проблемы управления перевозочным процессом : сб. науч. тр. – Вып. 4. – СПб. : ПГУПС, 2004. – С. 41–48.
- 8 Рыбин, П. К. К вопросу целесообразности корректировки прогноза объёмов вагонопотоков, поступающих в адрес морского порта, в условиях неустойчивой экономической ситуации / П. К. Рыбин, А. А. Кузменков // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – Ростов н/Д : РГУПС, 2011. – № 1 (41). – С. 130–136.

Получено 25.09.2016.

ISBN 978-985-554-707-6. Проблемы перспективного развития железнодорожных станций и узлов. Гомель, 2017

УДК 656.21

С. А. БЕССОНЕНКО, Ю. А. ТАНАЙНО

Сибирский государственный университет путей сообщения (СГУПС)

ОПТИМИЗАЦИЯ РАБОТЫ СОРТИРОВОЧНОЙ СТАНЦИИ ПРИ ДВИЖЕНИИ ПОЕЗДОВ ПО ТВЕРДЫМ НИТКАМ ГРАФИКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ «ЯДРА»

Предложены методические решения по оптимизации работы сортировочной станции при организации движения грузовых поездов по твердым ниткам графика, также по выявлению железнодорожных направлений, способных обеспечить ста

бильное функционирование сортировочных станций по формированию и отправлению грузовых поездов по твердым ниткам графика.

Значительное место в технологии доставки грузов занимает время нахождения вагона на технических станциях, особенно с переработкой, поэтому лимитирующим звеном доставки грузов «точно в срок» являются количество переработок на всем пути следования и простой на одной технической станции. Сортировочные станции сети обеспечивают эксплуатационную работу компании, а также оказывают услуги железнодорожной инфраструктуры другим участникам перевозочного процесса. Помимо выполнения главной задачи – массовой переработки вагонопотоков по назначениям плана формирования – эти станции должны принять на себя дополнительные функции, которые могут повлечь и необходимость изменения технологии работы сортировочных станций. К таким функциям сортировочных станций относятся:

- организация технических маршрутов по грузополучателям и грузам;
- детализированная подборка порожних вагонов по состоянию и принадлежности с оптимизацией режимов питания грузовых станций ресурсами;
- регулирование отправления вагонов в определенные назначения для согласованного подвода грузопотоков к перевалочным и погашающим комплексам;
- регулирование ритмов поездной работы с обеспечением высокого уровня эксплуатационной надежности направлений;
- обеспечение наиболее быстрой переработки и отправления вагонопотоков срочной доставки [1].

Вопросам согласования графика движения поездов с технологией работы технических станций посвящены исследования многих российских ученых. Вместе с тем, планирование организации движения грузовых поездов по твердым ниткам графика в настоящее время не в полной мере учитывает технические возможности сортировочных станций. Переход на новую систему организации поездопотоков по твердым ниткам осуществляется с сохранением условия отправления полновесных или полносоставных поездов, что при существующей технологии взаимодействия станций и участков может привести к значительному увеличению простоя транзитных вагонов с переработкой и занятости путей парков технических станций.

Авторами был проведен анализ назначений плана формирования отдельно по каждой системе сортировочной станции Инская в зависимости от того, каков объем поездопотока отправляется на назначения различных категорий мощности. При этом исходными данными для графика стали назначения плана формирования, начиная с наиболее мощных. Зависимость, полученная в результате статистической обработки данных, изображена на рисунке 1 для систем станции.

Из графика видно, что в четной системе 28 % назначений (это наиболее мощные) образуют 70 % поездопотока от общего объема, в нечетной системе 21 % назначений (наиболее мощные) образуют 70 % поездопотока от общего объема.

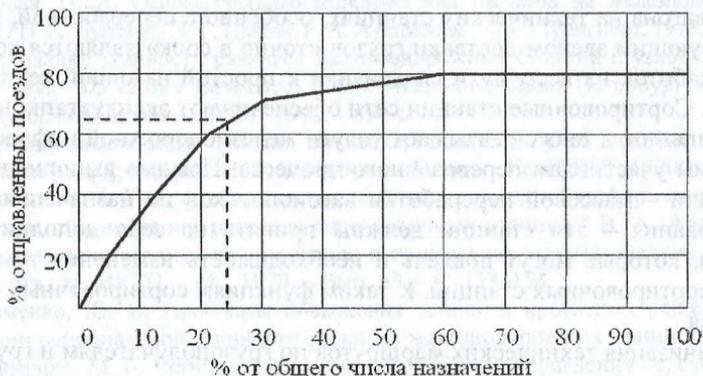


Рисунок 1 – Принцип Парето при отправлении поездов по назначениям плана формирования (начиная с наиболее мощных)

Полученные зависимости позволяют сделать следующие выводы:

1 При увеличении мощности назначения возрастает неравномерность отправления поездов в течение суток.

2 Около 30 % общего поездопотока отправления станции Инская входит в назначения плана формирования наиболее мощных (в среднем от 3 поездов в сутки и более) назначений.

Таким образом, целесообразным является использование принципа Парето, согласно которому 30 % мощных и стабильных назначений составляют большую долю вагонопотоков, входящих в формируемые поезда рассматриваемой станции. Именно с этих назначений рекомендуется начать организацию движения поездов по твердым ниткам с сортировочной станции, так как согласно проведенному анализу наиболее мощные, мощные, а также отчасти средние назначения являются наиболее стабильными, равномерными в течение суток по количеству отправляемых поездов.

Согласно справке о работе сортировочных станций (форма отчетности ДО-24ВЦ) время нахождения на станции транзитного вагона с переработкой складывается из времени на операции с вагоном и времени непроизводительного простоя (ожидания) перед операциями:

$$t_{c/n} = t_{np} + t_{расф} + t_{сп} + t_{по},$$

где t_{np} – время нахождения вагона в парке прибытия от момента прибытия до начала расформирования, ч; $t_{расф}$ – время расформирования составов, ч; $t_{сп}$ – время нахождения вагона в сортировочном парке, ч; $t_{по}$ – время нахо-

дения вагона в парке отправления от окончания формирования или перестановки в парк до отправления поезда, ч.

Кроме этого, каждый показатель времени нахождения вагона в парке подразделяется на элементы.

Современная технология работы любой сортировочной станции определяется на основе обеспечения четкого взаимодействия элементов станции между собой и с прилегающими участками на всех этапах переработки вагонов. Это должно обеспечить бесперебойную работу станции без значительных простоев грузовых вагонов с переработкой.

В работе сортировочных станций существует постоянная технологическая (функциональная) взаимосвязь между входными и выходными участками, парками, сортировочными устройствами. Разработку технологии каждого элемента сортировочной станции и расчет оптимального путевого развития необходимо выполнять с учетом этой связи. Так, парк прибытия должен рассчитываться с учетом взаимодействия примыкающих к нему входных участков и сортировочной горки; парк формирования — с учетом взаимодействия горки и вытяжек формирования; парк отправления — вытяжек формирования и выходных участков. Речь идет, таким образом, о расчете путевого развития подсистем станции «входные участки — парк прибытия — горка», «горка — парк формирования — вытяжки формирования» и «вытяжки формирования — парк отправления — выходные участки». Работа одной подсистемы тесно связана с работой других — последующей и предыдущей.

Организация движения грузовых поездов по твердому графику с выделением устойчивого «ядра» поездов эффективна для наиболее мощных и стабильных назначений плана формирования (средней мощности, мощных и наиболее мощных).

Специализация поездов по назначениям плана формирования обеспечит цележивание времени прибытия и отправления с технических станций, что позволит установить сквозное расписание по всему пути следования, организовать ритмичную работу крупных грузовых станций и подъездных путей. Это позволит сократить время нахождения составов под накоплением в сортировочных парках.

Внедрение системы стабилизации грузового движения позволяет повысить эксплуатационную надежность станций и их возможности по формированию и отправлению грузовых поездов, а также увеличить уровень загрузки путей парка приема, сортировочной горки и парка отправления за счет:

- снижения потерь пропускной способности парка приема, связанной с неравномерностью подхода транзитных поездов и подвода поездов в расформирование;

- обеспечения грузовых поездов локомотивами и бригадами, а также сокращения простоев в ожидании отправления со станции.

Применение технологии движения грузовых поездов по твердым ниткам должно гарантировать отправление готового состава, не только обеспеченного локомотивом и локомотивной бригадой (на основе заданного на определенный период графика оборота локомотивов), но и согласованного по направлению следования (причем это должно быть учтено в технологии работы системы формирования сортировочной станции). При этом существенно уменьшаются непроизводительные потери времени. Каждый состав формируется строго ко времени заданной нитки графика, обеспеченной локомотивом и локомотивной бригадой. Такая технология наиболее полно отвечает современным условиям перевозок и требованиям гарантированной доставки груза клиенту в установленный срок.

Как известно, при организации движения грузовых поездов по твердым ниткам графика с сохранением условия формирования полновесных или полностью составных поездов необходимо учитывать технические возможности (пропускная способность парков, резерв путей) сортировочных станций. Для поэтапного перехода к системе движения поездов по расписанию целесообразно организовать отправление не всех грузовых поездов по твердым ниткам, а используя «ядро». Технические возможности станций рассматриваются в зависимости от количества назначений плана формирования и размеров вагонопотоков, используемого парка маневровых локомотивов.

Как установлено авторами, на стабильность и равномерность отправления поездов со станции влияет мощность назначения плана формирования. Поэтому в работе предложена формула расчета рациональной доли «ядра» грузовых поездов, отправляемых с сортировочной станции по твердому графику и определяемый исходя из критериев каждой категории мощности назначения плана формирования:

$$\alpha_{яi} = \begin{cases} \frac{T_{нi}}{I_{отпр i}} \cdot k_{нер} \mu, & \text{при } N_i \geq 3 \text{ поезда/сут;} \\ \frac{T_{нi}}{I_{отпр i}} \cdot k_{нер}, & \text{при } N_i < 3 \text{ поезда/сут.} \end{cases} \quad (2)$$

где $T_{нi}$ – время накопления состава в системе формирования грузовых поездов i -го назначения плана формирования; $I_{отпр i}$ – интервал отправления поездов i -й мощности назначения, определяемый как $24/N_i$, N_i – мощность назначения, поездов/сут; $k_{нер}$ – коэффициент, учитывающий неравномерность поступления составов в систему формирования (принимается 1,1); μ – параметр, учитывающий параллельное или частично-параллельное накопление составов на двух и более путях в соответствии со специализацией (принимается 1,15–1,21).

В таблице 1 определено числовое значение коэффициента «ядра» для некоторых назначений плана формирования для сортировочной станции Инская.

Таблица 1 – Расчет коэффициента доли «ядра» грузовых поездов, отправляемых с сортировочной станции Инская

Назначение плана формирования	Мощность, поездов/сут	Коэффициент доли «ядра»
А I	1,3	0,49
Г	2,2	0,52
П	3,8	0,68
Е-сорт.	5,6	0,61

Для различных категорий мощности струй коэффициент определяется в пределах $0,42 \leq \alpha_n \leq 0,68$. При мощности назначения, значительно превышающей размеры, целесообразно рассмотреть возможность изменения плана формирования для повышения транзитности вагонопотока и перераспределение работы между сортировочными станциями, так как это требует дополнительных путей в сортировочном парке и увеличивает затраты времени нахождение составов в системе формирования. В отдельных случаях при мощном назначении в специализации путей станции предусматривается выделение двух путей для непосредственного накопления без учета параллельности процесса.

Таким образом, сначала необходимо определить количество путей в сортировочном парке для накопления составов по определенным назначениям плана формирования согласно специализации, затем с учетом мощности назначения выделить определенное количество поездов «ядра».

Формирование поездов с использованием «ядра» с сохранением весовых норм сократит затраты времени простоя вагонов в парке отправления (полностью исключается элемент «ожидание локомотива», а также частично «ожидание отправления»). Вследствие недопустимости сокращения резерва пропускной способности направлений и формирования поездов установленного веса при установленном размере «ядра» твердых ниток в общем вагонопотоке увеличиваются затраты времени в сортировочном парке и парке отправления. Их величина определяется долей поездов, отправляемых по расписанию, мощностью струй формируемых назначений и техническими параметрами сортировочной системы.

В настоящее время грузоотправители и грузополучатели для сокращения расходов, связанных с хранением запасов грузов, заинтересованы в определении реальных сроков доставки. Использование предлагаемой методики расчета прогнозируемого срока доставки целесообразно при заключении договоров с клиентами железнодорожного транспорта для организации перевозочной работы по принципу «точно в срок».

Движение «ядра» поездов по твердым ниткам позволяет за счет предварительного планирования улучшить использование локомотивов и локомотивных бригад, а также прогнозировать время нахождения вагона на станциях переработки вагонопотока. Существующее техническое оснащение

инфраструктуры сортировочных станций и установленный план формирования грузовых поездов ограничивают возможное количество твердых ниток. В процессе исследования выявлены зависимости, отражающие занятость путей сортировочных станций и элементов простоя вагонов, характеризующих технологические затраты времени.

Организация доставки «точно в срок» должна опираться на технологии перевозочного процесса. Таким образом, организация движения грузовых поездов по твердым ниткам графика, учитывающая индивидуальные особенности струй вагонопотока, позволит использовать логистические принципы в доставке грузов, снижающие затраты смежных звеньев цепочки транспортирования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Размещение, развитие и взаимодействие сортировочных станций / А. Ф. Бородин [и др.] // Железнодорожный транспорт. – 2010. – № 8. – С. 15–17.

2 Чечулина, Ю. А. Совершенствование технологии работы комплекса формирования сортировочной станции при движении поездов по твердым ниткам графика дис. ... канд. техн. наук : 05.22.08 / Чечулина Юлия Андреевна; Сибирский гос. ун-в. путей сообщ. – Новосибирск, 2014. – 160 с.

3 Инструктивные указания по организации вагонопотоков на железных дорогах ОАО «РЖД». – М. : Техинформ, 2007. – 527 с.

Получено 17.06.2016.

ISBN 978-985-554-707-6. Проблемы перспективного развития железнодорожных станций и узлов. Гомель, 2017

УДК 658.7 : 656 + 06

О. Н. ЧИСЛОВ, Д. С. БЕЗУСОВ

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС)

ИНФРАСТРУКТУРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ В СИСТЕМЕ ОРГАНИЗАЦИИ МУЛЬТИМОДАЛЬНЫХ ГРУЗОПЕРЕВОЗОК

Отмечается важность модернизации транспортной системы страны с решением сложного комплекса проблем технического и инфраструктурного развития, а также поиском новых форм взаимодействия видов транспорта на стыке мультимодальных перевозок. Рассматривается комплексная задача обеспечения эффективного взаимодействия железнодорожного и морского транспорта в припортовых грузовых станциях в условиях возрастающего спроса на внешнеторговые перевозки грузов через порты Азово-Черноморского бассейна, что требует обеспечения четкой координации работ смежных видов транспорта и совершенствования методов организации перевозок. Указывается на особую важность морских портов как связующих звеньев, которые определяют эффективность всей мультимодальной транспортной системы.

Объём грузопотоков, проходящих через морские порты СКЖД России, несмотря на непростую экономическую конъюнктуру на мировых рынках, растёт, и растёт уверенно. Причём это увеличение происходит практически по всем направлениям. Недостаточность внимания или запаздывание с разрешением проблемы взаимодействия железнодорожного и морского транспорта в припортовых грузовых станциях может вызвать не только транспортный коллапс, связанный с «брошенными» поездами, но и спровоцировать экономический кризис.

На территории Северо-Кавказской железной дороги – филиала ОАО «РЖД» располагаются 13 припортовых грузовых станций. Доминирующую роль в экспортных грузопотоках играют такие станции, как Новороссийск, Туапсе, Грушевая, примыкающие к портам и обеспечивающие 76 % общей выгрузки экспортных и импортных грузов.

Развитие припортовых грузовых станций на территории Северо-Кавказской железной дороги связано с открытием движения поездов на линии Ростов – Владикавказ 2 июля 1875 года. С этого момента вступила в число действующих Владикавказская железная дорога, родоначальница нынешней Северо-Кавказской магистрали. С конца XVII века набирающая силу Россия вознамерилась возвратить некогда принадлежавшие русским княжествам земли у берегов южных морей. Начало этому положили Азовские походы Петра Великого в 1695–1696 гг., прорубившие южное «окно» в Европу и на Ближний Восток через Черное море и лишь в середине XIX века, с завершением Кавказской войны, Россия окончательно утвердилась на всей территории Северного Кавказа – от Черного моря до берегов Каспия.

Развитие южных портов происходило совместно с вводом в эксплуатацию железнодорожных линий. 23 декабря 1869 года было открыто движение на станции Таганрог и введен в эксплуатацию первоклассный вокзал. Идревле территория современного Таганрога была местом пересечения многих торговых путей. Он был основан Петром I в 1698 г. как военная крепость. В 1776 г. в Таганрогском порту была учреждена таможня, и вскоре сюда начали прибывать иностранные торговые суда. К началу XVIII века порт превратился в крупный торговый центр. Очередность ввода в эксплуатацию припортовых грузовых станций СКЖД представлена на рисунке 1.

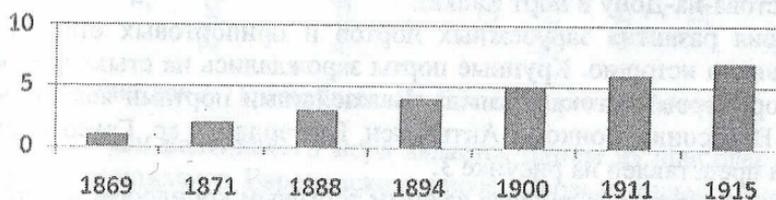


Рисунок 1 – Динамика ввода в эксплуатацию припортовых грузовых станций

Все большее значение в системе организации мультимодальных грузоперевозок приобретают порты. Анализируя динамику переработки грузов в портах Северо-Кавказской дороги, можно сказать, что происходит рост грузопотоков и сохраняется их интенсивность. Грузооборот морских портов Азово-Черноморского бассейна в 2014 г. составил 194,5 млн т, что на 11,2 % больше, чем за 2013 год. Объем перевалки сухогрузов увеличился до 76,8 млн т (+21,9 %), наливных – до 117,7 млн т (+5,2 %). Грузооборот морского порта Новороссийск увеличился до 125,6 млн т (+8 %), Туапсе – до 18,9 млн т (+24,7 %), Кавказ – до 12,3 млн т (+28,6 %), Азов – до 7,9 млн т (+13,4 %), Ейск – до 4,1 млн т (+3,9 %), Темрюк – до 4,5 млн т (+2,5 %) [1]. Динамика грузооборота портов Азово-Черноморского бассейна приведена в табл. 1.

Т а б л и ц а 1 – Грузооборот портов Азово-Черноморского бассейна

Порт	В миллионах тонн						
	2008 г.	2009 г.	2010 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.
Новороссийск	112,6	122,9	117,1	116,1	117,4	119,1	125,6
Туапсе	19,4	18,4	18,6	19,4	17,8	16,9	18,9
Ростов-на-Дону	2,0	6,2	7,7	10,4	11,1	11,6	12,0
Таганрог	2,6	3,0	2,9	3,5	3,4	3,9	5,1
Азов	—	4,7	4,3	4,8	5,1	7,7	7,9
Кавказ	7,8	8,6	10,1	8,3	9,4	10,1	12,3
Темрюк	2,3	2,1	1,9	2,4	2,3	3,7	4,5
Ейск	3,8	4,3	3,6	4,0	3,6	3,3	4,1

Из таблицы 1 следует, что рост грузооборота в 2014 г. составил около 3,7 % к аналогичному периоду прошлого года. Например, в порту Темрюк грузооборот вырос в основном за счет выгрузки нефтепродуктов комплекса ЗАО «Таманьнефтегаз». Перевалка грузов в морских портах России в 2014 г. по сравнению с 2013 г. увеличилась на 6,2 % и составила 465,5 млн т. Перевалка грузов в морских портах РФ в распределении по бассейнам представлена на рисунке 2.

Очевидно, что Азово-Черноморский бассейн занимает одно из лидирующих мест в структуре грузооборота российских портов. На рисунке 2 приведен грузооборот портов юга России за 2014 г. Отмечен рост грузопотоков на всех портах СКЖД, лидерами являются порты Новороссийска, Туапсе, Ростова-на-Дону и порт Кавказ.

История развития зарубежных портов и припортовых станций имеет свою давнюю историю. Крупные порты зарождались на стыке важных торговых коридоров востока и запада. Важнейшими портами являются: Рига, Лиепая, Вентспилс, Гонконг, Антверпен, Роттердам и др. Грузооборот портов мира представлен на рисунке 3.

Вентспилс издревле являлся важным торговым коридором между Востоком и Западом благодаря выгодному географическому положению на берегу Балтийского моря и незамерзающему порту.

Объемы перевалки, млн т

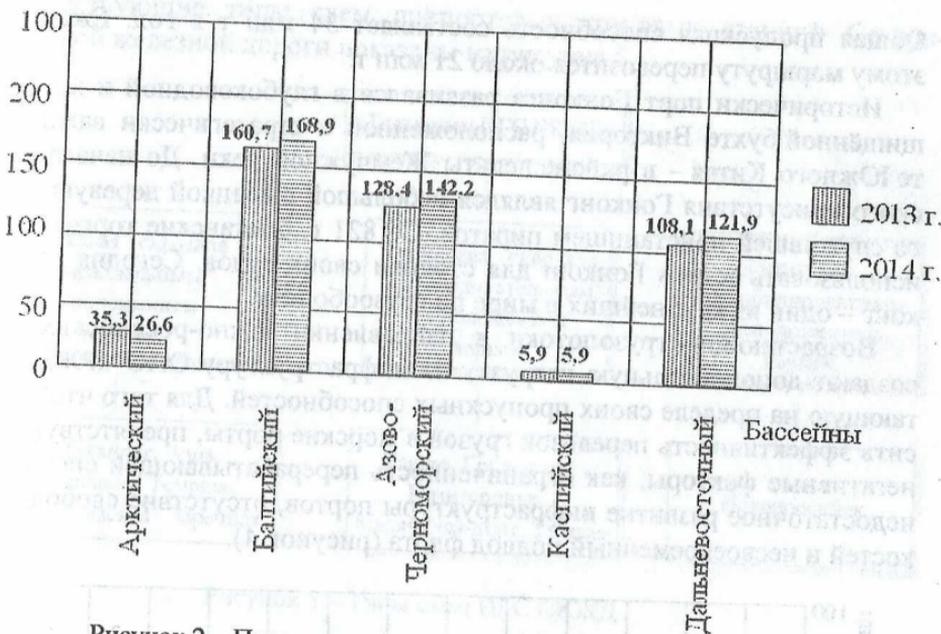


Рисунок 2 – Перевалка грузов в морских портах России в распределении по бассейнам

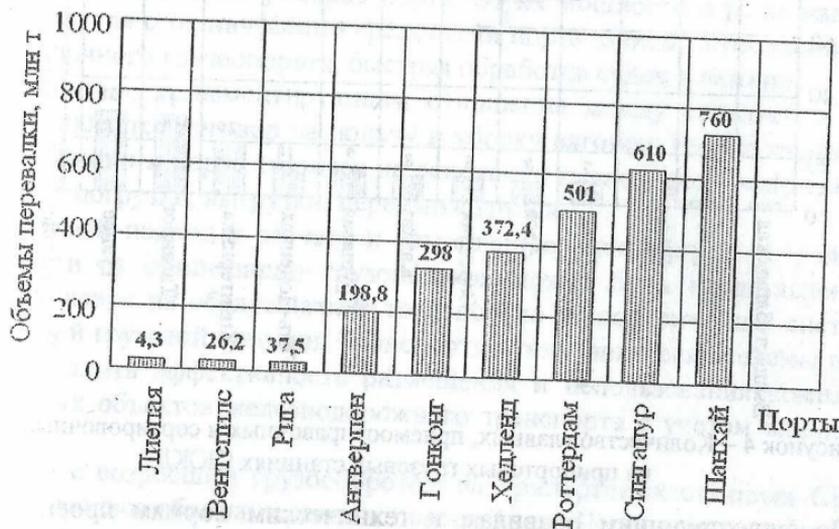


Рисунок 3 – Грузооборот зарубежных портов в 2014 г.

Сегодня регион Балтийского моря является одним из наиболее стремительно развивающихся в Европейском союзе. Первые письменные свидетельства о Вентспилском порте относятся к 1263 г.

Вентспилский порт занимает в целом около 2,5 тысячи гектаров и является благоприятной промышленной территорией для развития предприятий.

Общая пропускная способность составляет 34 млн т в год. Ежегодно по этому маршруту перевозится около 21 млн т.

Исторически порт Гонконга развивался в глубоководной и хорошо защищённой бухте Виктория, расположенной в стратегически важном месте Южного Китая – в районе дельты Жемчужной реки. До начала британского присутствия Гонконг являлся небольшой рыбацкой деревушкой, часто служившей пристанищем пиратов. С 1821 г. британские торговцы стали использовать остров Гонконг для стоянки своих судов. Сегодня порт Гонконг – один из крупнейших в мире по грузообороту.

Возрастающие грузопотоки в направлении южно-российских портов создают дополнительную нагрузку на инфраструктуру ОАО «РЖД», работающую на пределе своих пропускных способностей. Для того чтобы повысить эффективность перевозок грузов в морские порты, препятствуют такие негативные факторы, как ограниченность перерабатывающей способности, недостаточное развитие инфраструктуры портов, отсутствие свободных емкостей и несвоевременный подвод флота (рисунок 4).

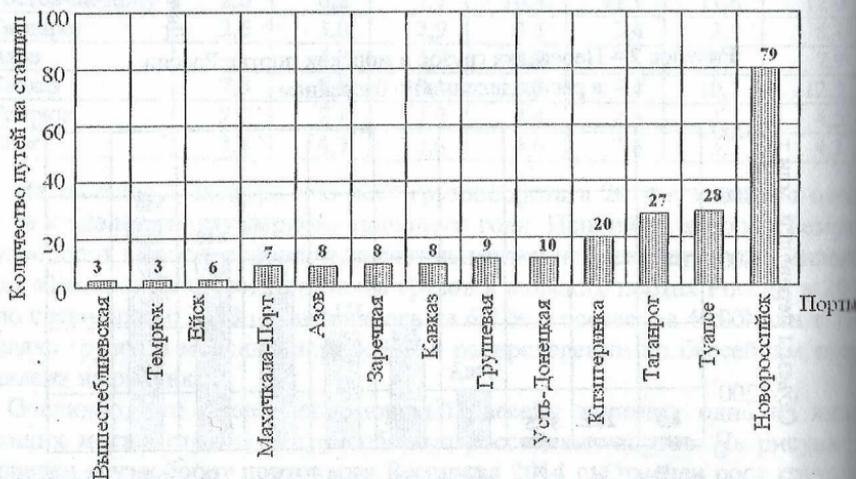


Рисунок 4 – Количество главных, приемоотправочных и сортировочных путей на припортовых грузовых станциях СКЖД

По существующим правилам и техническим нормам проектирования станций и узлов на железных дорогах колеи 1520 мм схемы портовых станций и районных парков отличаются взаимным расположением путей и при проектировании подразделяются на станции (районные парки) с последовательным расположением парков приемных и сортировочных путей, комбинированным и параллельным расположением этих парков. В сложных условиях, особенно при реконструкции, портовые и районные парки проектируются индивидуально.

Существующие типы схем припортовых грузовых станций Северо-Кавказской железной дороги показаны на рисунке 5.



Рисунок 5 – Типы схем ПГС СКЖД

Железнодорожные устройства являются одними из основных элементов технического оснащения районов порта. От их мощности и рационального взаимодействия с техническими средствами порта зависит выполнение плана перевалочного грузооборота, быстрая обработка судов и вагонов.

Документом, регламентирующим отношения между станцией и ОАО «ТМТП», является договор на подачу и уборку вагонов. Работа железнодорожной станции и порта строится на основании плана, предусматривающего размеры погрузки, выгрузки, перевалки грузов.

Системный подход к расчету и размещению станционных устройств в зависимости от организации грузопотоков может быть представлен как комплекс заявок на обслуживание транспортно-технологической системой припортовой грузовой станции. Транспортно-технологические схемы помогают определить эффективность размещения и использования комплекса станционных объектов железнодорожного транспорта с учетом влияющих факторов.

В связи с возросшим грузооборотом на припортовых станциях СКЖД составлен прогноз объема перевозок портов Азово-Черноморского бассейна до 2030 г. Прогноз объемов перевозок заключается в установлении тенденций изменения показателей грузооборота и разработке перспективной модели их развития на долгосрочный период. Для прогнозирования используется однофакторная модель, базирующаяся на анализе динамических рядов, представляющих собой последовательность значений анализируемых показателей соответствующего года.

Существуют следующие методы определения тренда, базирующиеся на сглаживании временных рядов: гармонических весов; эвристический экспоненциального сглаживания; экстраполяции по степенной зависимости; экстраполяции по логистической кривой. Расчет грузооборота по портам СКЖД до 2030 г. производился методом экспоненциального сглаживания, так как при прогнозировании объема перевозок у данного метода была наименьшая ошибка, по сравнению с фактической величиной. Алгоритм прогноза по этому методу состоит в следующем. Имеется временной ряд значений какого-либо показателя y_t ($t = 1, 2, \dots, n$). Определяется среднее значение показателя за n периодов, затем за $n-1$ периодов и т.д.

$$\bar{y}_t = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n}. \quad (1)$$

После этого находится среднее значение периода:

$$\bar{t} = \frac{\sum_{i=1}^n t}{n}. \quad (2)$$

Затем производится расчет базового (исходного) тренда:

$$T_{t-2,t-1} = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} y_i t - (n-1)\bar{y}_t \bar{t}}{\sum_{i=1}^{n-1} t^2 - (n-1)\bar{t}^2}. \quad (3)$$

При наличии базовой величины можно определить прогнозируемую величину:

$$T_{t-1,t} = \alpha(\bar{y}_{t-1} - \bar{y}_{t-2}) + (1-\alpha)T_{t-2,t-1}, \quad (4)$$

где $0,1 \leq \alpha \leq 0,3$. При этом принимается, что в будущем периоде временного ряда прогнозируемая величина тренда будет такая же, что и в последнем периоде динамического ряда, т.е.

$$T_{t,t+1} = T_{t-1,t}. \quad (5)$$

Затем определяется параметр сглаживания

$$\beta = \frac{2}{n+1}. \quad (6)$$

По параметру сглаживания и прогнозируемой величине тренда рассчитывается средневзвешенная величина рассматриваемого показателя за n годы ряда:

$$\bar{y}_t = \beta y_t + (1-\beta)(\bar{y}_{t-1} + T_{t-1,t}). \quad (7)$$

Прогнозируемая величина показателя на следующий год временного ряда определяется по следующей модели:

$$\hat{y}_{t+1} = \bar{y}_t + T_{t,t+1}. \quad (8)$$

В качестве примера был произведен расчет грузооборота порта Туапсе до 2030 г. Динамический ряд изменения величин с 2008 по 2014 годы представлен в таблице 2.

Таблица 2 – Динамический ряд изменения величин по порту Туапсе

Годы	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
t	1	2	3	4	5	6	7
Млн т	19,4	18,4	18,6	19,4	17,8	16,9	18,9

Согласно приведенным выше формулам произведен расчет:

$$n = 7 \Rightarrow \bar{y}_7 = \frac{19,4 + 18,4 + 18,6 + 19,4 + 17,8 + 16,9 + 18,9}{7} = 18,48.$$

$$\bar{y}_6 = 18,41; \bar{y}_5 = 18,72; \bar{y}_4 = 18,95; \bar{y}_3 = 18,8; \bar{y}_2 = 18,9; \bar{y}_1 = 19,4.$$

$$\bar{t}_{k_i} = \frac{1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 6 + 7}{7} = 4.$$

$$T_{5,6} = \frac{(19,4 \cdot 1 - 6 \cdot 19,4 \cdot 4) + (18,4 \cdot 2 - 6 \cdot 18,9 \cdot 4) + (18,6 \cdot 3 - 6 \cdot 18,4 \cdot 4) + (19,4 \cdot 4 - 6 \cdot 18,95 \cdot 4) + (17,8 \cdot 5 - 6 \cdot 18,72 \cdot 4) + (16,9 \cdot 6 - 6 \cdot 18,41 \cdot 4)}{(1 - 96) + (4 - 96) + (9 - 96) + (16 - 96) + (25 - 96) + (36 - 96)} = 2,79.$$

$$T_{6,7} = 0,2(18,41 - 18,72) + (1 - 0,2) \cdot 2,79 = 2,17.$$

$$T_{7,8} = T_{6,7} = 2,17.$$

$$\beta = \frac{2}{7+1} = 0,25.$$

$$\bar{y}_7 = 0,25 \cdot 18,9 + (1 - 0,25)(18,41 + 2,17) = 20,1; \hat{y}_8 = 20,1 + 2,17 = 22,27.$$

Дальнейшие расчеты для портов Азово-Черноморского бассейна производились аналогично по рассчитанному примеру прогноза. Итоговые результаты представлены на рисунках 6 и 7.

Например, прогнозирование объема грузооборота по Туапсинскому морскому торговому порту эвристическим методом дает следующие результаты: к 2015 г. объем грузооборота по сравнению с 2014 г. возрастет и составит 22,2 млн т, а к 2030 г. – 39 млн т.

Немаловажным аспектом работы припортовых грузовых станций СКЖД является удаленность станции от порта (таблица 3).

Возрастающие грузопотоки в направлении припортовых грузовых станций СКЖД создают повышенную нагрузку на инфраструктуру. На Северо-Кавказской железной дороге реализуется проект "Комплексная реконструкция участка Котельниково – Тихорецкая – Кореновск – Тимашевская – Крымская с обходом Краснодарского узла", позволяющий сократить время движения поездов и увеличить объемы перевозимых грузов в направлении портов Азово-Черноморского бассейна.

Прогноз грузооборота

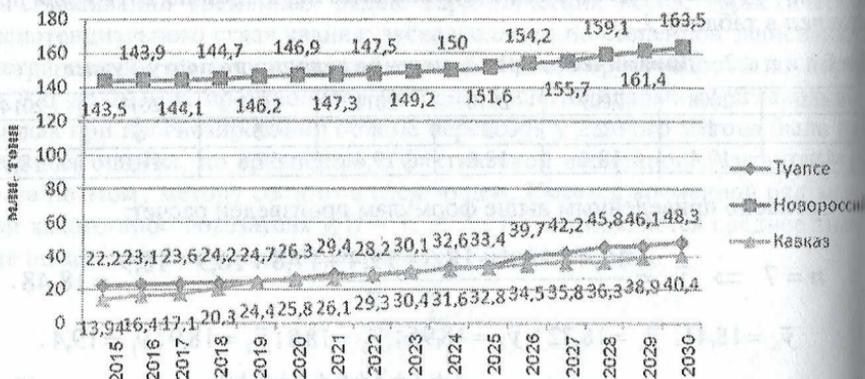


Рисунок 6 – Прогноз грузооборота по портам Новоросси́йск, Туапсе, Кавказ до 2030 года, млн т

Прогноз грузооборота

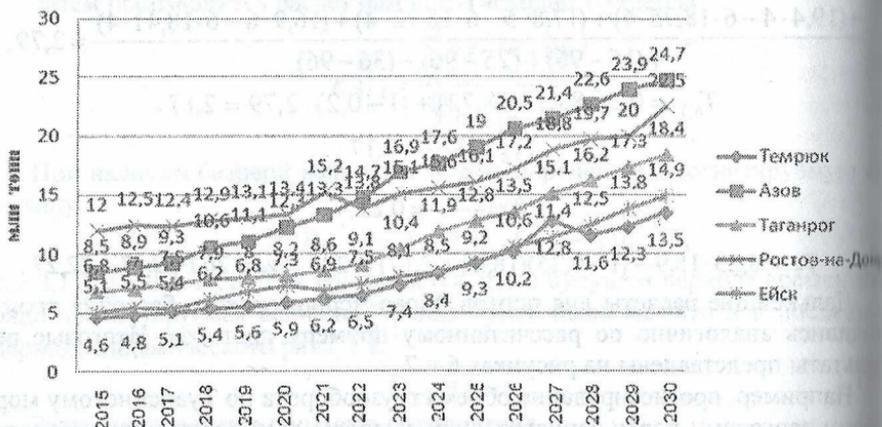


Рисунок 7 – Прогноз грузооборота по портам Ростов-на-Дону, Азов, Таганрог, Темрюк, Ейск до 2030 года, млн т

Таблица 3 – Расстояние от станции до ближайшего причала

Станция примыкания	Расстояние от пассажирского здания до ближайшего причала, км	Станция примыкания	Расстояние от пассажирского здания до ближайшего причала, км
Новоросси́йск	1,12	Махачкала-порт	0,41
Туапсе	1,03	Кизитеринка	4,34
Ейск	1,19	Заречная	1,09
Таганрог	3,57	Азов	2,16
Кавказ	0,19	Усть-Донецкая	2,24

Таким образом, припортовые станции и морские порты являются местом зарождения/погашения массового грузопотока и взаимодействия различных видов транспорта. Рассмотрение транспортно-технологических процессов припортовой станции в общем блоке с инфраструктурным развитием и динамикой мультимодальных грузопотоков позволит выбирать рациональные формы путевого развития и организации взаимодействия с портовыми комплексами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Правила и технические нормы проектирования станций и узлов на железных дорогах колеи 1520 мм. – М. : Техинформ, 2001. – 256 с.
- 2 Персианов, В.А. Моделирование транспортных систем / В. А. Персианов, К. Ю. Скалов, Н. С. Усков. – М. : Транспорт, 1978. – 208 с.
- 3 Сидоренко, В. Т. Выбранные места из истории Северо-Кавказской железной дороги. – Ростов н/Д: Новая книга, 2002. – 264 с.
- 4 Числов, О. Н. Комплексные методы рационального размещения элементов транспортно-технологических систем в железнодорожных узлах : [монография] // О. Н. Числов; Ростовский гос. ун-т путей сообщения. – Ростов н/Д, 2009. – 294 с.
- 5 Моделирование экономических процессов на железнодорожном транспорте / под ред. Белова И. В., Макарошкина А. М. – М. : Транспорт, 1977. – 246 с.
- 6 <http://skzd.rzd.ru>. Сайт ОАО «РЖД»: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: свободный. – Загл. с экрана.
- 7 <http://www.mintrans.ru>. Сайт министерства транспорта РФ: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: свободный. – Загл. с экрана.

Получено 18.09.2016.

ISBN 978-985-554-707-6. Проблемы перспективного развития железнодорожных станций и узлов. Гомель, 2017

УДК 656.223.2+06

М. ЗАДОРЖНИЙ

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС)

МЕТОДЫ АНАЛИЗА И ОЦЕНКИ РЫНКА ОПЕРИРОВАНИЯ ПОДВИЖНЫМ СОСТАВОМ (НА ПРИМЕРЕ ЮГА РОССИИ)

Рассматривается существующее состояние парка подвижного состава по собственникам и методы количественного определения конкурентных позиций субъектов транспортного бизнеса.

С момента своего возникновения железнодорожный транспорт понимался как единая и монолитная организационная структура. Понятие монолитной, жестко централизованной структуры, единства хозяйственного ком-

плекса не допускало возможности участия «третьих лиц» в качестве субъектов хозяйственной деятельности железнодорожной сети.

Новый век стал началом нового этапа в развитии железнодорожного транспорта. Изменившиеся отношения собственности и цели транспортного комплекса страны явились причиной корректировки приоритетов. Основной задачей становится удовлетворение потребностей клиента-грузовладельца. Условия, в которых она выполняется, – острая конкурентная борьба на рынке транспортных услуг с другими видами транспорта и наличие внутренней конкуренции в железнодорожной отрасли [1].

По данным Совета операторов железнодорожного транспорта (СОЖТ), по состоянию на сентябрь 2015 года в России насчитывается 1710 собственных подвижного состава. Причем на 110 из них приходится 82,2 % парка [2]. Однако многие операторы владеют вагонами, возраст которых старше 40 лет. Некоторые – одним-двумя вагонами. У третьих подвижной состав уже более трех лет не выходил на пути общего пользования. Ряд компаний использует его лишь для собственных нужд: ЖБК, металлургические заводы, пищевые комбинаты и т.д. У вагонов таких собственников ограниченный маршрут, а порой они выходят на пути только в определенный сезон. Кроме того, многие владельцы – лизинговые компании и банки – просто передали все свои вагоны в аренду и сами не обслуживают этот парк [3]. Операторская компания отличается от простого владельца вагонов тем, что в качестве основной задачи своей деятельности ставит извлечение прибыли от предоставления подвижного состава под погрузку грузоотправителям. Наличие большого количества операторских компаний в перевозочном процессе на сети железных дорог России привело к появлению проблемы эффективного управления вагонным парком, которая остро влияет на маневренность инфраструктуры, занятие путей станций отстоем вагонов, увеличение встречного порожнего пробега и др. В связи с этим, а также по ряду других причин, таких как профицит подвижного состава и конкуренция между операторами наблюдается падение доходности операторского бизнеса.

Для оценки ситуации на рынке оперирования подвижного состава на платформе Северо-Кавказской железной дороги (СКЖД) – филиала ОАО «РЖД» были выбраны наиболее важные операторские компании и определена их роль (доля) в сегменте таких родов подвижного состава, как цистерны, крытые вагоны и полувагоны (таблица 1). В сегменте платформ подвижного состава высокую долю, можно сказать монополистическую, занимает АО «ФГК» – 94,7 %.

В настоящее время для количественного определения конкурентных позиций субъектов бизнеса и выявления фактов доминирования и монополизации рынков разработано и применяется немало показателей.

Таблица 1 – Роль операторских компаний на полигоне СКЖД

Род вагонов	Наименование оператора	Доля компании, %
Цистерны	ООО «Газпромтранс»	31,65
	ОА «СГ-транс»	13,67
	ООО НЕТЛС	7,91
	ООО «ЛУКОЙЛ-Транс»	7,19
	АО «НефтеТрансСервис»	5,40
	ЗАО «Спецэнерготранс»	4,68
	АО ФГК	4,32
	ПАО «Совфракт»	3,60
	АО «Новая перевозочная компания»	2,52
Крытые	ЗАО ОТЭКО	1,80
	АО ФГК	42,57
	АО ПГК	15,71
	ООО «ПромТоргМеталл»	12,29
	ЗАО «Спецэнерготранс»	9,43
	ООО РСТ	7,57
	ООО «Трансгарант»	4,71
	ООО «Балтстрой-Сервис»	2,86
	ЗАО «Параллель»	1,86
Полувагоны	АО «Новая перевозочная компания»	28,57
	АО «НПК Уралвагонзавод»	9,52
	АО ПГК	7,14
	ООО «Спецвагонтранс»	7,14
	ООО «Трансгарант»	7,14
	АО ФГК	4,76
	ЗАО «Спецэнерготранс»	4,76
	ПАО «Дорогобуж»	2,38
	ООО «Кузбассэнерготранс»	2,38
ООО «Мечел-Транс»	2,38	

Основными показателями, используемыми в теории конкуренции и примененными для охарактеризовать и оценить уровень рыночного доминирования и монополизации, являются индексы (коэффициенты):

- рыночной концентрации (CR);
- Херфиндала – Хиршмана (HHI);
- Линда (L).

Индекс (коэффициент) рыночной концентрации (CR) – показатель, характеризующий, какая доля рынка приходится на заданное количество самых крупных игроков [4,5].

Поскольку понятие «заданное количество» выглядит достаточно неопределенно, то после букв CR добавляют цифру, которая и показывает, про какое количество самых крупных игроков рынка идет речь.

Индекс концентрации рынка (CR) определяется как сумма долей рынка n самых крупных компаний:

$$CR_n = \sum_{i=1}^n S_i, \quad (1)$$

где S_i – доля каждого конкретного участника рынка; n – общее число предпринимательских фирм на данном секторе рынка.

Чем выше полученное значение, чем ближе оно к 100, тем более монополизирован рынок. В России этот показатель рассчитывается в основном для 3, 4, 6 и 8 крупнейших компаний. Результаты расчета индекса концентрации для соответствующих родов подвижного состава по формуле (1) представлены в таблице 2.

Т а б л и ц а 2 – Значения индекса концентрации

Род подвижного состава	Количество компаний			Индекс концентрации		
	4	6	8			
Цистерны	4	6	8	60,42	70,50	78,42
Крытые	4	6	8	71,86	92,28	97,00
Полувагоны	4	6	8	52,37	64,27	71,41

Поскольку индекс концентрации представляет собой арифметическую сумму, он фактически игнорирует структуру распределения рыночных долей между компаниями, которые вошли в расчет индекса.

Таким образом, индекс концентрации необходимо использовать как некое дополнение к другим экономическим показателям или количество (n) компаний подбирать таким образом, чтобы объективно соответствовать структуре распределения сил на рынке.

Индекс Херфиндала – Хиршмана – это показатель уровня монополизации рынка, определяемый как сумма квадратов процентных долей рынка, занимаемых каждым его участником [4,5]:

$$HHI = \sum_{i=1}^n S_i^2. \quad (2)$$

Чем меньше коэффициент HHI , тем, соответственно, слабее конкурентная позиция отдельных субъектов предпринимательского бизнеса на рассматриваемом секторе рынка. Для сектора рынка, на котором осуществляется деловую деятельность одновременно более 100 предпринимательских фирм и ни одна из них не имеет доминирующего положения, значение коэффициента HHI стремится к единице. Если же на данном секторе рынка наблюдаются признаки олигополии, значение исследуемого коэффициента стремится к 10000.

Рассчитаем по формуле (2) индекс HHI для 7 наиболее крупных компаний рынка оперирования подвижным составом – цистерны:

$$HHI = 31,65^2 + 13,67^2 + 7,91^2 + 7,19^2 + 5,4^2 + 4,68^2 + 4,32^2 = 1372,58$$

Аналогичные расчеты показывают, что рассчитываемый индекс зависит от количества компаний. При $n = 5$ $HNI = 1332,01$; $n = 6$ $HNI = 1353,91$; $n = 8$ $HNI = 1385,54$; $n = 9$ $HNI = 1391,89$; $n = 10$ $HNI = 1391,13$.

При дальнейших расчетах индекс изменяется не столь существенно, поэтому данных результатов достаточно, чтобы оценить ситуацию на рынке оперирования подвижного состава в сегменте цистерны.

В сегменте оперирования крытых вагонов достаточно результатов расчета индекса для 8 компаний. При $n = 4$ $HNI = 2298,97$; $n = 5$ $HNI = 2356,28$; $n = 6$ $HNI = 2378,46$; $n = 7$ $HNI = 2389,65$; $n = 8$ $HNI = 2390,11$.

В сегменте оперирования полувагонов индекс Херфиндаля – Хиршмана перестает значительно изменяться при его расчете для 11 и более компаний при $n = 5$ $HNI = 1059,81$; $n = 6$ $HNI = 1082,47$; $n = 7$ $HNI = 1105,13$; $n = 8$ $HNI = 1110,79$; $n = 9$ $HNI = 1116,45$, $n = 10$ $HNI = 1122,12$.

По значениям индексов концентрации (CR) и индексов Херфиндаля – Хиршмана выделяются три типа рынка:

- I – высококонцентрированные рынки (монополистические): при $70 \% < CR < 100 \%$; $1800 < HNI < 10000$;

- II – умеренно концентрированные рынки (олигополистические): при $45 \% < CR < 70 \%$; $1000 < HNI < 1800$;

- III – низко концентрированные рынки (конкурентные): при $CR < 45 \%$; $HNI < 1000$.

Из полученных результатов видно, что рынки оперирования подвижного состава – цистерны и полувагоны – относятся к олигополистическим, а рынок оперирования подвижного состава – крытые вагоны – монополистическим (рисунок 1).

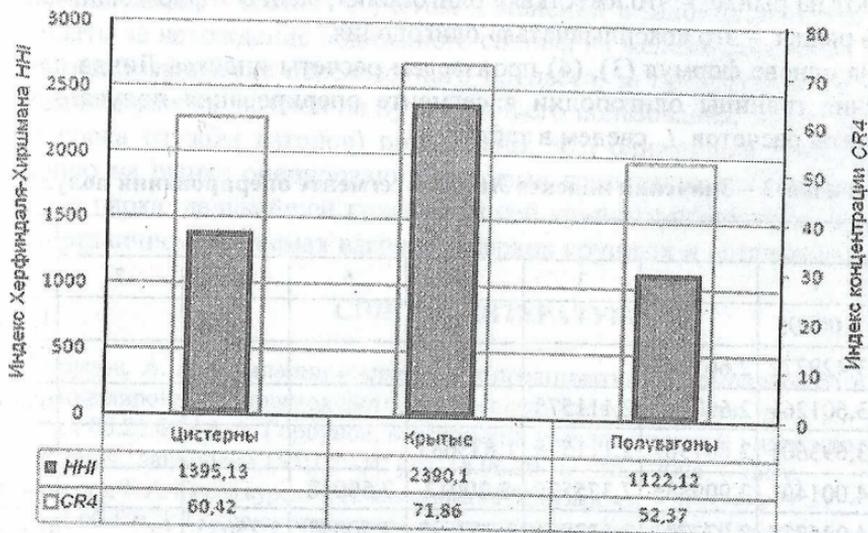


Рисунок 1 – Определяющие значения индексов HHI и CR на рынке оперирования вагонов

Для уточнения ситуации на олигополистических рынках оперировании подвижным составом (цистерны и полувагоны) используем индекс Линда. Он определяет степень неравенства между лидирующими на рынке продавцами товара [4,5]:

$$L = \frac{1}{k(k-1)} \cdot \sum_{i=1}^k Q_i, \quad (3)$$

где k – число крупных продавцов (от 2 до N); Q_i – отношение между средней долей рынка i продавцов и долей $k-i$ продавцов; i – число ведущих продавцов среди k крупных продавцов.

$$Q_i = \frac{A_i}{i} / \frac{A_k - A_i}{k-i}, \quad (4)$$

где A_i – общая доля рынка, приходящаяся на i продавцов; A_k – доля рынка, приходящаяся на k крупных продавцов.

Индекс Линда используется в качестве определителя «границы» олигополии следующим образом: рассчитывается L для $k=2$, $k=3$ и так далее до тех пор, пока $Lk+1 > Lk$, то есть не будет получено первое нарушение непрерывности показателя L . «Граница» считается установленной при достижении величиной Lk минимального значения по сравнению с $Lk+1$.

Индекс Линда, как и индекс концентрации, рассчитывается лишь для нескольких крупнейших фирм и, следовательно, также не учитывает ситуацию на «окраине» рынка. Однако в отличие от него индекс Линда ориентирован на учет различий в «ядре» рынка.

Из теории олигополии известно, что в случае, если 2-3 фирмы господствуют на рынке, – это «жесткая» олигополия, если 6-7 фирм занимают 70-80% рынка, – это «расплывчатая» олигополия.

На основе формул (3), (4) произведем расчеты индекса Линда для определения границы олигополии в сегменте оперирования полувагонов. Результаты расчетов L сведем в таблицу 3.

Т а б л и ц а 3 – Значения индекса Линда в сегменте оперирования полувагонов

K	Q_i							L
	1	2	3	4	5	6	7	
2	3,00105							1,500525
3	3,429772	2,667367						1,016190
4	3,601261	2,667367	2,111578					0,698350
5	3,693601	2,667367	2,111578	1,833683				0,515311
6	4,001401	2,909855	2,375525	2,20042	2,50042			0,466254
7	4,236777	3,077731	2,533894	2,357593	2,50042	2,25035		0,403731
8	4,668301	3,429472	2,879424	2,750525	3,000504	3,000467	4,143457	0,426288

Аналогично получим результаты для рынка оперирования цистерн, которые сведем в таблицу 4.

Таблица 4 – Значения индекса Линда в сегменте оперирования цистерн

K	Q _i									L	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
2	2,3152										1,157644
3	2,9332	2,8647									0,966333
4	3,3003	3,0013	2,4677								0,730785
5	3,7050	3,3160	2,8186	2,7972							0,631848
6	4,0733	3,5996	3,0822	2,9970	2,8128						0,552170
7	4,3988	3,8406	3,2873	3,1468	2,9253	2,7199					0,483786
8	4,7370	4,1075	3,5219	3,3566	3,1342	2,9671	2,9698				0,442743
9	3,2738	4,4531	3,8419	3,6805	3,4820	3,3764	3,4929	3,8898			0,409602
10	5,5754	4,8444	4,2088	4,0604	3,8900	3,8398	4,0487	4,5381	4,9962		0,444471

На основе расчетов индекса Линда можно сделать следующие выводы:

– в сегменте цистерн нарушение непрерывности индекса L происходит при $k = 10$. Следовательно, олигополию образуют 9 первых хозяйствующих субъектов. Характер олигополии – «расплывчатая»;

– в сегменте полувагонов нарушение непрерывности индекса L достигается при $k = 8$. Следовательно, олигополию образуют 7 первых хозяйствующих субъектов. Характер олигополии – расплывчатый.

Таким образом, результаты расчетов показателей оценки рынков оперирования подвижного состава с учетом изменений в законодательстве (введение платы за нахождение подвижного состава на железнодорожных путях общего пользования вне перевозочного процесса, за предоставление путей при подаче и уборке вагонов на пути необщего пользования, запрет на продление срока службы вагонов) показывают, что ближайшие тенденции к изменению на рынке оперирования вагонами связываются с сокращением вагонного парка, дальнейшей консолидацией крупных операторов, существенным различием в объемах вагонных парков крупных и остальных операторов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Горбунов, А. А. Компании-операторы и предприятия железнодорожного комплекса: моделирование взаимодействия управленческих ресурсов: дис. ... канд. техн. наук : 05.22.08 / А.А. Горбунов; Московский государственный университет путей сообщения : защищена 15.02.2004; утв. 18.06.2004. – М., 2004. – 168 с.
- 2 Симонова, Т. А. Смена курса / Т. А. Симонова // РЖД-Партнер. – 2015. – № 17. – С. 7–11.
- 3 СМИ об РЖД: Господа операторы, укрупниться не желаете? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://press.rzd.ru/smi/public/ru?> STRUCTURE_ID =

2&id=255823&layer_id = 5050&page5049_3049 = 54&referrer LayerId = 5049 свободный. – Загл. с экрана. (02.02.2016).

4 Показатели монопольной власти [Электронный ресурс]. – Режим доступа http://studopedia.ru/10_148759_pokazateli-monopolnoy-vlasti свободный. – Загл. с экрана. (03.02.2016).

5 Цены и ценообразование : учеб. для вузов. – 3-е изд. / под ред. В. Е. Есипова. СПб. : Изд. «Питер», 2000. – 464 с.

Получено 11.10.2016.

ISBN 978-985-554-707-6. Проблемы перспективного развития железнодорожных станций и узлов. Гомель, 2017

УДК 658.7 : 656 + 06

В. В. ТРАПЕНОВ

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС)

ТРАНСПОРТНЫЕ УЗЛЫ КРУПНЫХ ГОРОДСКИХ АГЛОМЕРАЦИЙ

Развитие промышленности осуществляется на принципах максимального роста производства продукции, повышения производительности труда, наиболее полного и рационального использования местных трудовых и природных ресурсов. Эти вопросы в аспекте приложения к системам эффективного проектирования транспортных узлов рассматриваются в данной статье.

Неравномерность и своеобразие в распределении природных богатств, особенности экономического и исторического развития ведут к специализации экономических районов по видам производства. Известно, что важнейшей частью промышленного узла, в значительной мере, его формирующей и определяющей является взаимное расположение и место предприятий, является транспортный узел. Здесь происходят разветвление и слияние грузопотоков, передача грузов с одного вида транспорта на другой, транспортное обслуживание промышленных предприятий узла и населения города, обслуживание местных и транзитных пассажиров. Транспортный узел также является пунктом технического обслуживания подвижного состава и средств различных видов транспорта.

Транспортный узел непрерывно развивается, реконструируется, в ряде случаев меняя не только геометрическую форму, но и характер преимущественной работы, транспортный состав. Это связано с ростом промышленного производства и неравномерным развитием различных видов транспорта. Рост, изменение состава и работы транспортного узла тесно связаны с изменением промышленного производства, ростом и развитием населенных пунктов. Транспортный и промышленный узлы представляют собой единое целое.

В зависимости от назначения все виды транспорта и его устройства могут быть разделены на транспорт общего пользования и транспорт необщего пользования. Транспорт необщего пользования (промышленный) осуществляет перевозки для предприятий в пределах промышленного узла.

Транспортные узлы классифицируются по сочетанию видов магистрального транспорта и по схемам основных транспортных сетей. В первом случае различают транспортные узлы по сочетанию железнодорожного транспорта с автодорожным и водным. Помимо этих видов транспорта, почти в каждом транспортном узле имеются городской, промышленный, а во многих случаях и воздушный транспорт. По второму признаку транспортные узлы классифицируются в зависимости от геометрического очертания схемы железнодорожного и водного узла и общей планировки города [1].

На определенных этапах транспортные узлы одного типа, постепенно изменяясь, принимают схему другого типа. Тупиковые узлы нередко переустраиваются в сквозные или вытягиваются в длину, радиальные превращаются в полукольцевые и кольцевые. В крупных городах целесообразно также сооружение кольцевых автомобильных дорог, позволяющих освободить уличные магистрали города от пропуска транзитных потоков.

Основным элементом транспортного узла общего пользования и в значительной мере промышленного является железнодорожный узел. Во многих транспортных узлах железнодорожные устройства выполняют 70–80 % общего объема грузовой работы и значительную долю пассажирских перевозок.

Железнодорожный узел состоит из железнодорожных линий и станций, одни из которых обслуживают внешние перевозки и сеть промышленных железных дорог, а другие – промышленные предприятия, погрузочные и разгрузочные базы, склады.

По характеру эксплуатационной работы, особенностям компоновки, видам транспорта и другим признакам все непохожие транспортные узлы можно разделить на группы, имеющие общие черты. Такая классификация необходима для того, чтобы использовать опыт проектирования и работы при решении вопросов развития, реконструкции, совершенствования транспортных узлов. По транспортному составу узлы можно разделить на три характерные группы: железнодорожно-автодорожные, железнодорожно-водно-автодорожные, водно-автодорожные.

Приведенная классификация не может быть исчерпывающей, так как не определяет даже соотношения объемов работы различных видов транспорта и ее характера. Некоторые узлы являются просто стыковыми пунктами различных видов транспорта общего пользования, и их транспортная работа заключается в перевалке грузов, грузопотоки таких узлов в основном транзитны.

Объем работы транспортного узла по обслуживанию населения и перевалкам грузов народного потребления зависит от размеров населенных пунктов (таблица 1), обслуживаемых узлом.

Т а б л и ц а 1 – Классификация транспортных узлов по размерам населенных пунктов

Виды транспортных узлов	Виды населенных пунктов
Узлы малых городов (6-й класс)	До 50 тыс. человек
» средних » (5-й »)	От 50 до 100 тыс. человек
» больших » (4-й »)	» 100 » 250 тыс. человек
» крупных » (3-й »)	» 250 » 500 тыс. человек
» крупнейших » (2-й »)	» 500 тыс. до 1 млн человек
» сверхкрупных » (1-й »)	Более 1 млн человек

Транспортная работа узла во многом зависит от взаимного расположения основных комплексов устройств различных видов транспорта. Поэтому признаку выделяются узлы: однокомплектные с объединённым расположением устройств основных видов транспорта; однокомплектные с выделением пассажирского и грузового комплекса устройств, каждый из которых объединяет различные виды транспорта; многокомплектные с объединённым расположением различных видов транспорта, многокомплектные с раздельным расположением устройств различных видов транспорта, комбинированные [2].

Объединение проектируемых промышленных предприятий в группы предприятий с общими для них объектами занимает важное место среди проводимых в настоящее время мероприятий по экономии расходов капитального строительства. Иногда ряд городских поселений может сливаться в единую череду промышленных и жилых зон. Расположенные рядом города и пригороды начинают постепенно сближаться, создавать единое экономическое, транспортное, социальное, культурное пространство. Этот процесс получил название «агломерирование» (рисунок 1).

В дальнейшем эволюция форм расселения под воздействием процессов развития и концентрации приводит к сближению и срастанию агломераций, формированию мегалополисов (обширные урбанизированные зоны надломерационного уровня полосовидной конфигурации, которые образуются в результате фатического сращивания многих соседних агломераций различного ранга) [3].

Непосредственно термин «агломерация» был введен французским географом М. Руже в 1973 году. Агломерация по Руже возникает тогда, когда концентрация городских видов деятельности выходит за пределы административных границ и распространяется на соседние пункты [4].

Одним из первых исследователей особенностей формирования и развития агломераций в Советском Союзе был Г. М. Лаппо. В его понимании «городская агломерация – компактная территориальная группировка городских и сельских поселений, объединённых в сложную динамичную локальную систему многообразными интенсивными связями – производственными, коммунально-хозяйственными, трудовыми, культурно-бытовыми, рекреационными, а также совместным использованием данного ареала и его ресурсов».



Рисунок 1 – Иерархия городских систем

Агломерация должна рассматриваться единым социально-экономическим, инвестиционным пространством с общей системой социального, природно-экологического каркаса, транспортного и инженерного обслуживания. Исходя из этого, задачи территориального планирования агломерации представляют собой целый ряд позиций (рисунок 2). Решение этих задач производится на основе комплексной оценки территории агломерации, учитывающей градостроительные ограничения и особые условия использования территории по нескольким десяткам факторов.

Выделяют несколько типов (моделей) пространственного развития городских агломераций (рисунок 3). В России, как и в остальном мире, преобладают моноцентрические агломерации с одним городом-ядром, который подчиняет своему влиянию все населенные пункты его пригородной зоны. Центр в этом случае намного превосходит по размеру и экономическому развитию свое окружение [4].

Задачей проектирования агломерации является выбор модели ее пространственного развития, наиболее полно учитывающей особенности конкретной территории и наиболее эффективной для ее развития.

Основной задачей при разработке схем генеральных планов промышленных предприятий является поиск оптимального решения не только планировочной организации территории предприятия или группы предприятий, но и всего комплекса вопросов, связанных с производством, хранением запланированной продукции, строительством и эксплуатацией предприятий, распределения грузопотоков и др. Характер оформления проектов гене-

ральных планов, их состав, объем и содержание обуславливаются особенностями проектируемых объектов и требованиями соответствующих нормативных документов представленных в таблица 2 [5].

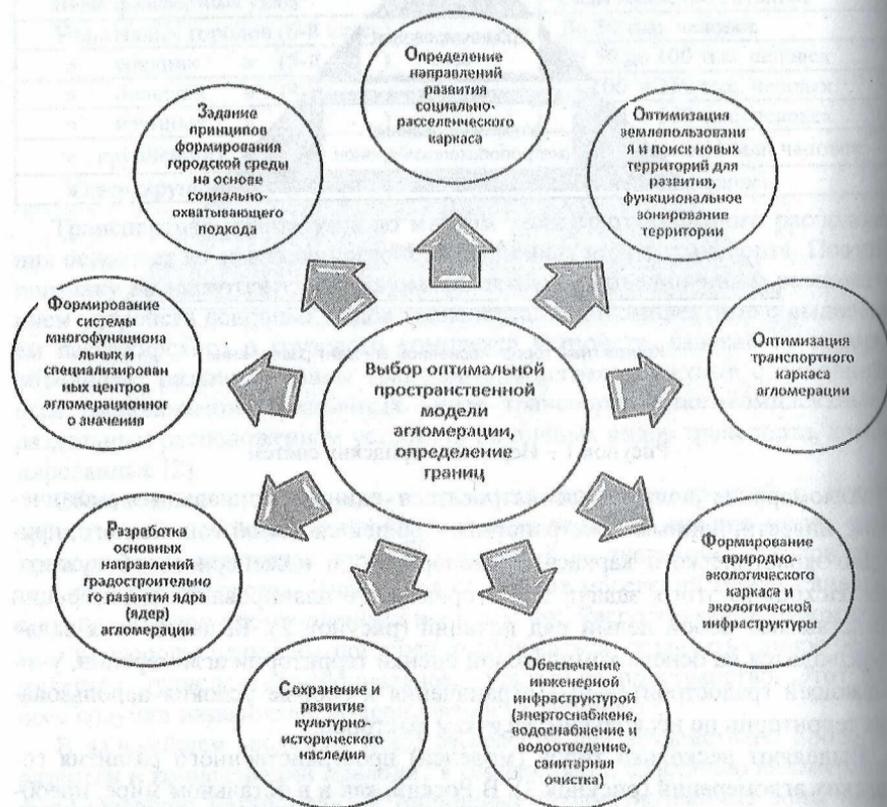


Рисунок 2 – Задачи территориального планирования агломерации

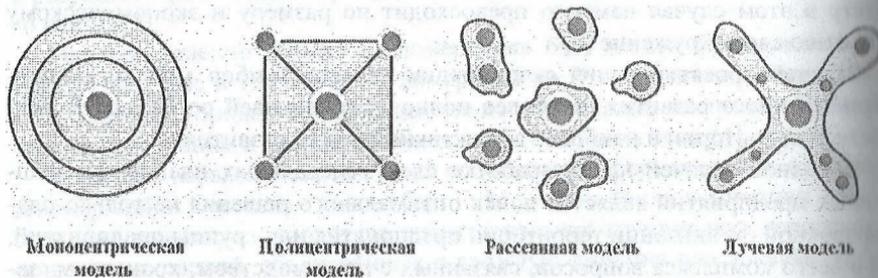


Рисунок 3 – Пространственные модели агломераций

Таблица 2 – Перечень нормативных документов проектирования

Обозначение	Наименование
СНиП II-89-80*	Генеральные планы промышленных предприятий
СНиП 2.04.02-84*	Водоснабжение. Наружные сети и сооружения
СНиП 2.04.03-85	Канализация. Наружные сети и сооружения
СНиП 42-01-2002	Газораспределительные системы
СНиП 2.05.02-85	Автомобильные дороги
СНиП 2.05.03-84*	Мосты и трубы
СНиП 2.05.06-85*	Магистральные трубопроводы
СНиП 2.05.07-91*	Промышленный транспорт
СНиП 2.05.13-90	Нефтепродуктопроводы, прокладываемые на территории городов и других населенных пунктов
СН 387-78	Инструкция по разработке схем генеральных планов групп предприятий с общими объектами (промышленных узлов)

В соответствии с постановлением № 87 «О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию» от 16.02.08 г. проектная документация на объекты производственного назначения состоит из целого ряда разделов. Схема генерального плана промышленного узла разрабатывается для обоснования технической возможности и экономической целесообразности строительства намеченных предприятий в составе промышленного узла. В ней определяется наиболее рациональное размещение предприятий на отведенной под их застройку территории, перечень и состав предприятий и общеузловых объектов и подготавливаются предложения по организации их строительства.

Степень использования территории промышленной площадки характеризуется коэффициентами застройки и использования территории (таблица 3).

Таблица 3 – Значения коэффициентов использования территории

Наименование предприятий	Коэффициент застройки	Коэффициент использования территории
Металлургические заводы	0,22–0,27	0,60–0,70
Коксохимические и химические заводы	0,25–0,30	0,65–0,75
Машиностроительные и заводы	0,28–0,40	0,70–0,75
Предприятия строительной промышленности	0,25–0,40	0,60–0,70
Предприятия легкой и пищевой промышленности	0,25–0,50	0,50–0,75

Уменьшение площади территории предприятия и повышение коэффициентов застройки и использования территории может быть достигнуто в результате:

- повышения плотности застройки в пределах отдельных панелей и увеличения ее этажности;

- уменьшения в целесообразных пределах разрывов между красными линиями застройки;
- рационального размещения транспортно-складских и инженерно-технических коммуникаций, общего уменьшения их протяжения и рассредоточения их в отдельных проездах;
- целесообразного зонирования территории предприятий.

Строительство, эксплуатация и реконструкция транспортных узлов требуют больших капитальных вложений и эксплуатационных расходов. Таким образом рациональное замещение отдельных элементов узла, увязка в единое целое всех транспортных сооружений дают значительную экономию средств при строительстве и в процессе эксплуатации.

Проблемы транспортной инфраструктуры в стране крайне обострились за последние 15 лет в связи с неуклонно растущим уровнем автомобилизации населения, ростом спроса на пассажирские и грузовые перевозки, активным строительством крупных объектов массового тяготения без соответствующего обеспечения транспортной системой и др. Неизбежные последствия этих факторов – не только снижение безопасности, эффективности функционирования регионов, но и увеличение транспортной усталости, ухудшение качества жизни населения.

Имеющиеся транспортные узлы на территории российских поселений не соответствуют современным требованиям по обеспечению комфорта, безопасности и быстрой пересадки с одного вида транспорта на другой.

Сложившиеся планировочные решения не отвечают все возрастающему объему пассажиропотоков; территории транспортных узлов перенасыщены стихийными объектами торговли, несанкционированными парковками транспорта на прилегающей улично-дорожной сети.

Рынок транспортно-логистических услуг – один из самых динамичных в мире. Рост экономики РФ сопровождается бурным ростом рынка транспортных, экспедиторских и других логистических услуг. Перемены в экономике страны сейчас неизбежны, и, прежде всего, необходима срочная модернизация и строительство современной транспортно-логистической инфраструктуры.

Актуальной задачей стало усиление региональных аспектов в развитии транспортной инфраструктуры, что полностью соответствует целям Транспортной стратегии Российской Федерации на период до 2030 года. Речь идет не просто о реализации проектов по развитию транспортной логистической инфраструктуры, а о согласованном развитии и организации взаимодействия различных видов транспорта и пользователей транспортных логистических услуг.

Транспортный узел все время совершенствуется и развивается. Строятся новые предприятия, растет производительность машин и механизмов, увеличиваются грузо- и пассажиропотоки, изменяются внутриузловые технологические связи предприятий.

Однако рынок современных складских помещений и площадей в РФ находится пока на начальной стадии развития. До конца 2004 года на российском рынке не существовало формализованной, соответствующей мировым стандартам, классификации складов. Согласно разработанной компанией *Knight Frank* классификации, все складские помещения подразделяются на классы: склады класса *A* – с делением на подклассы *A+* и *A*; склады класса *B* – с делением на подклассы *B+* и *B*; класс *C*; класс *D*. В классификации отражены преимущественно технические характеристики объектов без учета их месторасположения. При этом критерий географического местоположения, в частности транспортной доступности и удаленности от главных магистралей, является одним из основополагающих при принятии компанией решения о строительстве или об аренде объекта.

Определение местоположения распределительного склада в регионе является одной из фундаментальных задач, для решения которой необходимо знать:

- местоположение (координаты) производителей (поставщиков) и потребителей продукции;
- объёмы поставок продукции Q_i ;
- характеристику транспортной сети (маршруты) доставки;
- затраты на транспортные услуги (тарифы) T_i .

Наиболее известными типовыми методами определения места расположения и количества складов являются следующие:

1 Местоположение склада выбирается на территории одного из объектов распределительной сети, критерием оптимальности является тонно-километровая работа, на основе координат поставщика и потребителя кратчайшее расстояние между объектами определяется по формуле

$$l_{ij} = \sqrt{(x_i - x_c)^2 + (y_i - y_c)^2},$$

где x_i, y_i – координаты поставщика или потребителя; x_c, y_c – координаты склада.

Минимизация транспортной работы достигается как

$$R_j = \sum Q_{ij} \cdot l_{ij} \rightarrow \min.$$

На основании комбинаторики определяются возможные варианты расположения склада.

Во втором способе учета расстояний между объектами, определяется «Манхэттенское расстояние» по формуле

$$s_{ij} = |x_i - x_c| + |y_i - y_c|,$$

при этом минимизация транспортной работы

$$R_j = \sum Q_{ij} \cdot s_{ij} \rightarrow \min.$$

2 По второму методу расположение склада определяется с учётом координат размещения объектов распределительной системы.

Минимизация транспортной работы:

$$R_j = \begin{cases} Q_i | x_i - x_c | \rightarrow \min; \\ Q_i | y_i - y_c | \rightarrow \min. \end{cases}$$

Предполагается, что если учитывать все сравнительные характеристики методов определения местоположения склада (таблица 4), то целесообразно использовать так называемый гравитационный метод, который отображает все варианты местонахождения и определяет центр притяжения (гравитации), который расположен в точке с фиксированными координатами. Например, при формировании узловой транспортно-складской системы из нескольких терминалов следует, что расходы, связанные с доставкой груза на склад возрастут, т.к. увеличится количество складов, но в это же время уменьшатся транспортные расходы на доставку клиенту груза, т.к. сократятся расстояния от складов к месту потребления этих товаров.

Т а б л и ц а 4 --Сравнительная характеристика определения положения склада

Метод расчета	Схема компоновки генплана	Технология работы	Случайные процессы	Оперативное управление
Экономико-математический	—	+	—	+
Многокритериальных взвешенных оценок	—	+	—	+
Пробной точки	+	+	—	+
«Виаль»	+	+	—	+
Центра тяжести объектов	+	+	—	+
Гравитационный	+	+	+	+
«Вон Тунена»	—	+	—	+

В формировании складской сети узла выделяется два варианта:

- централизованная система, включающая распределительный склад с накоплением основной частью запасов, и расположившиеся в регионах сбыта филиальные склады;

- децентрализованная система, включающая сеть складов с частью запасов, рассредоточенных по региону в близости от потребителя. В системе распределения такой вариант формирования более рационален, когда розничная сеть выступает основным клиентом, принимающая поставки частой периодичностью и мелкими партиями.

Транспортные расходы на доставку товара со складской сети потребителю меняются также и от места их расположения на обслуживаемой территории.

тории. Поэтому появляется необходимость дополнительных критериев оценки вариантов размещения «складской сети узла» и качества транспортного обслуживания, для которого введем термин «величина транспортного тяготения».

Для оценки вариантов взаимодействия распределительных логистических терминалов с расположением предлагаемых получателей груза (складской сети) узла выполним интерпретацию гравитационной модели [6]:

$$W_{ij} = \alpha \cdot \frac{q_{ij} \cdot Q_i}{l_{ij}^2},$$

где q_{ij} – объем складского грузопотока, Q_i – мощность складской сети узла; l_{ij}^2 – расстояние между получателем (складом) и терминалом; α – коэффициент, рассчитываемый отношением

$$\alpha_j = P_{ij} / P_{\text{общ}}$$

где P_{ij} – тонно-километровая работа по доставке грузов; $P_{\text{общ}}$ – общая транспортная работа.

Таким образом, чем больше величина показателя W , тем устойчивее транспортные связи между логистическим терминалом и предполагаемым получателем (складом).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Энциклопедия современной техники. Строительство : [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.bibliotekar.ru/spravochnik-181-4/292.htm> свободный. – Загл. с экрана. (23.08.2014).
- 2 Числов, О. Н. Комплексные методы рационального размещения элементов транспортно-технологических систем в железнодорожных узлах : [монография] // О. Н. Числов: Ростовский гос. ун-т путей сообщения. – Ростов н/Д, 2009. – 294 с.
- 3 Развитие городских агломераций. Вып. 2: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.giprogor.ru/node/660>, свободный. – загл. с экрана. (26.11.2015).
- 4 Меринов, Ю. Н. Делимитация Ростовской агломерации / Ю. Н. Меринов, Ю. Ю. Меринова // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ». 2014. № 6 <http://naukovedenie.ru/PDF/84EVN614.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. (26.11.2015).
- 5 Дегтяренко, В. Н. Транспортные узлы промышленных районов : учебник для вузов / В. Н. Дегтяренко. – М. : Стройиздат, 1974. – 303 с.
- 6 Числов, О. Н. Модифицированный гравитационный метод в размещении распределительных терминалов портовых железнодорожных транспортно-технологических систем [электронный ресурс] / О. Н. Числов, В. Л. Люц // Инженерный вестник Дона. – 2012. – № 4 (<http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p2y2012/1420>) (дата обращения 09.09.2015).

УДК 656.212+06

В. В. ХАН

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС)

ВЫБОР МЕТОДА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПЕРЕВОЗОК ГРУЗОВ В ОСНОВНЫХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ УЗЛАХ СКЖД – ФИЛИАЛЕ ОАО «РЖД»

Рассматриваются проблемы планирования перспективного объекта перевозок грузов на основе изучения тенденций изменения показателей прибытия и отправления грузов.

Железнодорожный транспорт Российской Федерации создает условия, обеспечивающие развитие и устойчивый рост экономики нашей страны. От состояния и качества работы железнодорожного транспорта зависят возможности защиты национального суверенитета и безопасности государства. Российские железные дороги во взаимодействии с другими видами транспорта удовлетворяют потребности государства, экономики и населения в перевозках. При этом доля железнодорожного транспорта в 2014 г. в грузообороте страны составляет 45 % (2301 млрд т·км) от всего транспорта страны, в пассажирообороте 33,4 % (185,6 млрд пас·км).

В современных рыночных условиях важную роль играет обоснованное планирование объема перевозок грузов на определенный срок в будущем. В данной статье рассмотрены методы прогноза объемов на основе тенденции изменения показателей прибытия и отправления грузов.

При прогнозировании используется однофакторная модель, основанная на анализе динамических рядов, представляющих собой последовательность значений анализируемых показателей соответствующего года.

Моделирование динамических рядов имеет ряд особенностей, заключающихся в ограниченном числе наблюдений, повышенных требованиях к однородности наблюдений, жестком отборе показателей, включаемых в модель, наличии общей тенденции, характеризующей картину изучаемого процесса в целом.

Для определения общей тенденции изменения показателей прибытия и отправления проводится сглаживание временного ряда, так как кроме постоянно действующих факторов, формирующих тренд, существует большое количество случайных факторов, вызывающих отклонения фактических значений исследуемого показателя от тренда.

В статье рассмотрены следующие методы определения тренда на основе сглаживания временных рядов: гармонических весов; эвристический; экспоненциального сглаживания; экстраполяции по степенной зависимости; экстраполяции по логистической кривой [1, 2].

I Метод гармонических весов в большей степени учитывает изменения последних лет, так как каждому значению временного ряда придается определенный вес, который учитывается при расчете прогнозируемой величины. При этом данные, относящиеся к ранним периодам ряда, имеют вес меньший, чем данные, близкие к концу этого ряда.

Суть метода заключается в следующем.

Весь временной ряд разбивается на несколько равных последовательно перекрывающихся друг друга отрезков, а каждый отрезок – на два подотрезка. В каждом отрезке обычно применяется не менее пяти точек.

Для каждого отрезка определяется уравнение линейной регрессии:

$$\hat{y}_{k_i} = a_{k_i} t + b_{k_i}$$

где k_i – номер отрезка; a_{k_i} , b_{k_i} – параметры линейной регрессии, равные:

$$a_{k_i} = \frac{\bar{y}_{k_i} - \bar{y}_{k_i}}{2,5}, \quad b_{k_i} = \bar{y}_{k_i} - a_{k_i} \bar{t}_{k_i}$$

\bar{y}_{k_i} , \bar{y}_{k_i} – средние величины значений показателей подотрезков; \bar{y}_{k_i} – средняя величина значений показателя всего отрезка; \bar{t}_{k_i} – средняя величина значений точек ряда.

Если год ряда перекрыт несколькими отрезками, то для него находятся несколько расчетных значений, и из них определяется среднее значение величины показателя:

$$\hat{y}_i^* = \frac{1}{l} \sum_{i=1}^l y_{k_i}$$

где l – число отрезков, перекрывающих рассматриваемую точку.

Затем находится прирост расчетной величины путем уменьшения последующей величины на предыдущую:

$$\bar{\omega}_{t+i} = \tilde{y}_{t+i}^* - \tilde{y}_t^*$$

Каждому году, вошедшему в динамический ряд, придается соответствующая поправка. Поправка для информации второго года ряда определяется величиной

$$m_2 = \frac{1}{n-1},$$

где n – число точек временного ряда.

Другие значения ряда поправок определяются по следующей формуле:

$$m_{t+1} = m_t + \frac{1}{n-t},$$

где $t = 2, 3, \dots, n-1$.

Каждому приросту присваивается свой вес, обратно пропорциональный месту, занимаемому в динамическом ряду:

$$c_{i+1} = \frac{m_{i+1}}{n-1}.$$

Необходимое условие алгоритма – чтобы сумма весов экстраполяции равнялась единице:

$$\sum_{i=1}^{n-1} c_{i+1} = 1.$$

Суммируя произведения прироста на его вес, получаем гармонический прирост:

$$\bar{\omega} = \sum_{i=1}^n c_{i+1} \bar{\omega}_{i+1}.$$

После этого гармонический прирост прибавляем к расчетной величине показателя последнего года динамического ряда и получаем величину прогноза на год вперед:

$$\tilde{y}_{t+1} = \tilde{y}_t^* + \bar{\omega}.$$

Таким образом, метод гармонических весов отражает не только общую тенденцию, но и, прежде всего, тенденцию, которая имела место в ближайшем прошлом.

2 Эвристический метод прогнозирования базируется на вычислении приростов. Всего во временном ряде насчитывается $n - 1$ приростов, каждый из которых может быть положительным или отрицательным. Для каждого динамического ряда выбирается свой метод прогноза рассматриваемого показателя. Выделяют девять основных групп и моделей прогноза (таблица 1).

3 Метод экспоненциального сглаживания позволяет на основе временного ряда значений показателя y_t ($t = 1, 2, \dots, n$) определять среднее значение показателя за n периодов, затем за $n - 1$ периодов и т.д.

$$\bar{y}_t = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n}.$$

Затем находится среднее значение периода:

$$\bar{t} = \frac{\sum_{i=1}^n t}{n}.$$

что позволяет провести расчет базового (исходного) тренда:

$$T_{t-2,t-1} = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} y_i t - (n-1)\bar{y}_t \bar{t}}{\sum_{i=1}^{n-1} t^2 - (n-1)\bar{t}^2}.$$

Таблица 1 – Характеристика основных групп и моделей эвристического метода прогноза

Группа	Область применения	Модель прогноза
I	Все приросты d_i положительны и сумма двух последних приростов менее чем в 2 раза превышает сумму двух первых приростов или равна ей	$y_{t+1} = y_t + \sum_{i=1}^n c_i d_i,$ где y_t – величина показателя в t -м году ряда; c_i – удельный вес y_t
II	Все приросты d_i положительны, сумма двух последних приростов превышает более чем в 2 раза сумму двух первых	$y_{t+1} = y_t + \frac{d_2 + d_3}{2}$
III	Величина показателя растет из года в год, кроме последнего года динамического ряда	$y_{t+1} = y_t + \frac{\min(d_2, d_3, \dots, d_{t-2})}{2}$
IV	Первый прирост d_2 ($d_1 = 0$) в рассматриваемом динамическом ряду отрицательный, а остальные – положительные	$y_{t+1} = y_t + d_{t-1}$
V	Динамический ряд характеризуется одним отрицательным приростом, относящимся в отличие от групп III и IV не к последнему и не к первому члену ряда	$y_{t+1} = y_t + \min(d_2 \geq 0, \dots, d_{t-1} \geq 0)$
VI	В рассматриваемом динамическом ряду имеются два отрицательных прироста подряд, а остальные – положительные	$y_{t+1} = y_t + \frac{d_t}{2},$ где d_t – первый положительный прирост показателя после отрицательного
VII	В динамическом ряду наблюдается только два отрицательных прироста, которых разделяет один год	$y_{t+1} = y_t + \frac{d_t}{2}$ при $d_{t-1} < 0, d_{t+1} < 0.$
VIII	Динамический ряд характеризуется положительным приростом, кроме двух последних приростов.	$y_{t+1} = y_t + \frac{\min(d_{t-3}, d_{t-2})}{2}$
IX	Имеется более двух отрицательных приростов, в том числе и последний прирост	$y_{t+1} = y_t$

При наличии базовой величины можно определить прогнозируемую величину:

$$T_{t-1,t} = \alpha(\bar{y}_{t-1} - \bar{y}_{t-2}) + (1 - \alpha)T_{t-2,t-1},$$

где $0,1 \leq \alpha \leq 0,3$.

При этом принимается, что в будущем периоде временного ряда прогнозируемая величина тренда будет такая же, что и в последнем периоде динамического ряда, т.е.

$$T_{t,t+1} = T_{t-1,t}.$$

Затем определяется параметр сглаживания

$$\beta = \frac{2}{n+1}.$$

По параметру сглаживания и прогнозируемой величине тренда, рассчитывается средневзвешенная величина рассматриваемого показателя за n годы ряда:

$$\bar{y}_t = \beta y_t + (1-\beta)(\bar{y}_{t-1} + T_{t-1,t}).$$

Прогнозируемая величина показателя на следующий год временного ряда определяется по следующей модели:

$$\hat{y}_{t+1} = \bar{y}_t + T_{t,t+1}.$$

4 Метод экстраполяции по степенной зависимости. Степенная зависимость имеет вид

$$\hat{y}_t = ax_t^b,$$

где \hat{y}_t – прогнозируемая величина показателя; x_t – порядковый номер члена на динамического ряда; a , b – параметры модели.

Параметры модели определяются по следующим формулам:

$$b = \frac{n \sum_{t=1}^n \lg x_t \lg y_t - \sum_{t=1}^n \lg y_t \sum_{t=1}^n \lg x_t}{\sum_{t=1}^n \lg x_t \lg y_t - \sum_{t=1}^n \lg x_t \sum_{t=1}^n \lg x_t}, \quad \lg a = \frac{\sum_{t=1}^n \lg y_t - b \sum_{t=1}^n \lg x_t}{n}.$$

5 Метод экстраполяции по логистической кривой. Логистической кривой можно пользоваться как некоторым приближением к уровням динамических рядов показателей. Модель логистической кривой имеет вид

$$\hat{y}_t = \frac{1}{a + bc^t},$$

где t – номер члена ряда, $t = 0, 1, \dots, m$; a , b , c – параметры модели.

Для определения параметров модели прежде необходимо разбить динамический ряд на три равные группы. Далее рассчитываются групповые частные итоги:

$$S_1 = \sum_{i=0}^n \frac{1}{y_i}; \quad S_2 = \sum_{i=n+1}^{2n} \frac{1}{y_i}; \quad S_3 = \sum_{i=2n+1}^{3n} \frac{1}{y_i}.$$

Для упрощения расчетов величины, обратные y_i , можно умножить на число кратное 10. После этого вычисляются первые разности между итогами:

$$d_1 = S_2 - S_1; \quad d_2 = S_3 - S_2.$$

Количество членов в каждой из групп равно n . Параметры модели выводятся из следующих отношений:

$$c^n = \frac{d_2}{d_1}; \quad b = \frac{d_1(c-1)}{(c^n-1)^2}; \quad a = \frac{1}{n} \left(S_1 - \frac{d_1}{c^n-1} \right).$$

В качестве исходных данных использованы данные по прибытию, отправлению грузов СКЖД (в тыс. т) за 2007–2013 гг. [3] (таблицы 2,3).

Т а б л и ц а 2 – Прибытие грузов железнодорожным транспортом общего пользования по СКЖД

В тысячах тонн

Субъекты РФ	Годы							
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Республика Дагестан	10291	10424	9513	9103	8378	8773	8289	8619
Республика Ингушетия	325	362	411	422	467	484	456	475
Кабардино-Балкарская Республика	852	959	743	758	723	697	575	585
Карачаево-Черкесская Республика	782	654	547	763	789	735	694	594
Республика Северная Осетия – Алания	1608	1536	1213	1172	1127	1285	1165	1003
Чеченская Республика	1129	1375	1342	1133	1071	980	858	744
Ставропольский край	5912	6186	4803	5408	5293	4637	4614	3948
Республика Адыгея	446	504	449	416	489	603	512	538
Республика Калмыкия	300	307	436	205	178	205	176	304
Краснодарский край	81233	78173	83696	87099	89095	95866	93821	91783
Ростовская область	42464	43645	33522	38804	39643	38800	33068	25241
Итого	145342	144125	136675	145283	147253	153065	144228	133834

Т а б л и ц а 3 – Отправление грузов железнодорожным транспортом общего пользования по СКЖД

В тысячах тонн

Субъекты РФ	Годы							
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Республика Дагестан	2459	2751	1806	2184	2745	3088	3186	2714
Республика Ингушетия	190	172	106	64	76	69	67	80
Кабардино-Балкарская Республика	1254	1256	810	547	566	868	769	599
Карачаево-Черкесская Республика	2924	2238	2555	2898	2833	2526	2372	1808
Республика Северная Осетия – Алания	2106	2046	1443	1669	1603	1562	1342	1128
Чеченская Республика	2358	2150	1621	1151	877	766	716	467
Ставропольский край	11500	10593	9087	7517	8687	8016	7321	7752
Республика Адыгея	576	472	520	1274	2225	1895	1672	902
Республика Калмыкия	65	56	51	13	41	42	44	85
Краснодарский край	34097	32867	30398	36875	39993	38926	35134	31300
Ростовская область	24958	27522	16069	22518	24982	26128	24062	20738
Итого	82487	82123	64466	76710	84628	83886	76685	67571

Для выбора варианта прогнозирования перевозок грузов по описанным выше пяти методам осуществляется прогноз на 2014 год. Далее прогнозируемое значение сравнивается с фактическим объемом перевозок за отчетный год и определяется ошибка прогноза. Наилучшим методом для прогнозирования объемов прибытия, отправления по СКЖД является метод с наименьшей ошибкой. Рассмотрим пример определения ошибки прогноза по прибытию грузов с расчетом объемов прибытия по СКЖД методом гармонических вейвсов. Динамический ряд изменения величин выгрузки с 2007 по 2013 гг. представлен в таблице 4.

Т а б л и ц а 4 – Динамический ряд изменения величин прибытия

Годы	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Тыс. т	145342	144125	136675	145283	147253	153065	144228

Данный динамический ряд, состоящий из 7 точек, разбиваем на 3 равные отрезка по 5 точек в каждом.

Первый отрезок включает 2007–20011 гг. Средняя величина значений точек ряда

$$\bar{t}_{k_1} = \frac{1+2+3+4+5}{5} = 3.$$

К первому подотрезку относят точки ряда k_1 , меньшие или равные \bar{t}_{k_1} , а ко второму – большие \bar{t}_{k_1} . Средние величины выгрузки соответственно для отрезка k_1 и подотрезков k_1' , k_1'' :

$$y_{k_1} = \frac{145342 + 144125 + 136675 + 145283 + 147253}{5} = 143735,6 \text{ тыс.т.};$$

$$y_{k_1'} = \frac{145342 + 144125 + 136675}{3} = 142047,33 \text{ тыс.т.};$$

$$y_{k_1''} = \frac{145283 + 147253}{2} = 146268 \text{ тыс.т.}$$

Параметры линейной регрессии:

$$a_{k_1} = \frac{146268 - 142047,33}{2,5} = 1688,27; \quad b_{k_1} = 143735,6 - 1688,27 \cdot 3 = 138670,8.$$

Следовательно, уравнение регрессии для первого отрезка имеет следующий вид:

$$\tilde{y}_{k_1} = 1688,27t + 138670,8 \text{ тыс. т.}$$

Аналогичные действия производим для второго и третьего отрезков и получаем уравнения регрессии:

$$\tilde{y}_{k_2} = 3252,53t + 135522,6 \text{ тыс. т.}, \quad \tilde{y}_{k_3} = 2230,47t + 138609,4 \text{ тыс. т.}$$

Расчетные значения объемов выгрузки представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Значения характеристик динамического ряда

Характеристики	1	2	3	4	5	6	7
\hat{y}_{k_1}	140359	142047	143736	145424	147112		
\hat{y}_{k_2}		138775	142028	145280	148533	151785	
\hat{y}_{k_3}			140840	143070	145301	147531	149762
\hat{y}_t^*	140359	140411	142201	144592	146982	149658	149762
$\bar{\omega}_{t+1}$	-	52,17	1789,81	2390,42	2390,42	2676,38	103,47

По соответствующим формулам определяем поправки для каждого года:

$$m_1 = 0; \quad m_2 = \frac{1}{7-1} = 0,17; \quad m_3 = 0,17 + \frac{1}{7-2} = 0,37; \quad m_4 = 0,37 + \frac{1}{7-3} = 0,62;$$

$$m_5 = 0,62 + \frac{1}{7-4} = 0,95; m_6 = 0,95 + \frac{1}{7-5} = 1,45; m_7 = 1,45 + \frac{1}{7-6} = 2,45.$$

Величина веса соответствующего прироста

$$c_1 = 0, c_2 = 0,028; c_3 = 0,062; c_4 = 0,103;$$

$$c_5 = 0,158; c_6 = 0,241; c_7 = 0,408.$$

Условие алгоритма выполняется при

$$\sum_{i=1}^7 c_i = 1.$$

Гармонический прирост

$$\tilde{\omega} = 1424,03 \text{ тыс. т}$$

Следовательно, прогнозируемая величина объемов прибытия на 2014 год составит

$$\tilde{Y}_{2014} = 149761,74 + 1424,03 = 151185,77 \text{ тыс. т.}$$

Фактическая величина прибытия на 2014 год составила 133834 тыс. т. Ошибка равна 12,97 %.

Расчет объемов прибытия согласно данным СКЖД по объемам выгрузки с 2007 по 2013 гг. с использованием эвристического метода позволяет получить следующие результаты:

Таблица 6 – Динамический ряд изменения величин прибытия

Годы	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Тыс. т	145342	144125	136675	145283	147253	153065	144228
По отношению к предыдущему году	-	-1217	-7450	8608	1970	5812	-8837

Данный динамический ряд относится к IX группе и согласно модели прогноза расчетная величина прибытия в 2014 г.

$$y_{t+1} = y_t = 144228 \text{ тыс. т.}$$

Величина ошибки равна 7,77 %.

Для сравнения проводится расчет перспективных объемов прибытия СКЖД по методу экспоненциального сглаживания.

Согласно приведенным формулам произведем расчет:

$$\bar{y}_7 = 145138,71 \text{ тыс. т; } \bar{y}_3 = 142047,33 \text{ тыс. т; } \bar{y}_6 = 145290,5 \text{ тыс. т;}$$

$$\bar{y}_2 = 144733,5 \text{ тыс. т; } \bar{y}_5 = 143735,6 \text{ тыс. т; } \bar{y}_1 = 145342 \text{ тыс. т;}$$

$$\bar{y}_4 = 142856,25 \text{ тыс. т.}$$

Среднее значение периода

$$\bar{t}_k = \frac{1+2+3+4+5+6+7}{7} = 4.$$

Базовый тренд

$$T_{5,6} = 36405,61;$$

$$T_{6,7} = 0,2 \cdot (145290,5 - 143735,6) + (1 - 0,2) \cdot 36405,61 = 29435,47;$$

$$T_{7,8} = T_{6,7} = 29435,47.$$

Параметр сглаживания

$$\beta = 2 / (7 + 1) = 0,25,$$

$$\bar{y}_7 = 0,25 \cdot 144228 + (1 - 0,25)(144228 + 29435,47) = 167101,48 \text{ тыс. т.}$$

Прогнозируемая величина объемов прибытия на 2014 год составит

$$\hat{y}_8 = 167101,48 + 29435,47 = 196536,94 \text{ тыс. т.}$$

Величина ошибки равна 46,85 %.

Результаты расчетов объемов работы по методу экстраполяции приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Сравнительные характеристики прогноза объемов прибытия

В тысячах тонн

Год	x_t	$\lg x_t$	$(\lg x_t)^2$	y_t	$\lg y_t$	$\lg x_t \lg y_t$
2007	1	0,00	0,00	145342,00	5,16	0,00
2008	2	0,30	0,09	144125,00	5,16	1,55
2009	3	0,48	0,23	136675,00	5,14	2,45
2010	4	0,60	0,36	145283,00	5,16	3,11
2011	5	0,70	0,49	147253,00	5,17	3,61
2012	6	0,78	0,61	153065,00	5,18	4,03
2013	7	0,85	0,71	144228,00	5,16	4,36
Σ	–	3,70	2,49	–	36,13	19,12

Соответственно параметры модели:

$$b = \frac{7 \cdot 19,12 - 36,13 \cdot 3,7}{19,12 - 2,49} = 0,0004; \quad \lg a = \frac{36,13 - 0,04 \cdot 3,7}{7} = 5,6 \Rightarrow a = 144996,45.$$

Таким образом, уравнение степенной зависимости на 2014 год имеет вид

$$\hat{y}_{2014} = 144996,45 \cdot 8^{0,004} \text{ или } \hat{y}_{2014} = 145120,48 \text{ тыс. т.}$$

Ошибка составила 8,43 %.

Далее производится расчет объемов прибытия по СКЖД по методу экстраполяции по логистической кривой. Согласно формулам вычисляем объем погрузки на 2014 г. Для этого разбиваем динамический ряд прибытия грузов с 2008 по 2013 гг. на три группы по два члена.

Групповые частные итоги:

$$S_1 = \sum_{i=1}^2 \frac{1000000}{y_i} = 14,26; \quad S_2 = \sum_{i=3}^4 \frac{1000000}{y_i} = 13,67; \quad S_3 = \sum_{i=5}^6 \frac{1000000}{y_i} = 13,47.$$

Разности между итогами:

$$d_1 = 13,67 - 14,26 = -0,59; \quad d_2 = 13,47 - 13,67 = -0,2.$$

$$c^2 = \frac{-0,2}{-0,59} = 0,36 \Rightarrow c = 0,6.$$

Параметры модели:

$$b = \frac{-0,59 \cdot (0,6 - 1)}{(0,36 - 1)^2} = 0,57; \quad a = \frac{1}{2} \left(14,26 - \frac{-0,59}{0,36 - 1} \right) = 6,68.$$

Следовательно, модель имеет вид

$$\tilde{y}_t = \frac{1000000}{6,68 + 0,58 \cdot 0,6^t}.$$

При $t = 7$, что соответствует 2014 году,

$$\tilde{y}_7 = \frac{1000000}{6,68 + 0,58 \cdot 0,6^7} = 149591,6 \text{ тыс. т.}$$

Сравнивая полученный результат с фактической величиной прибытия в 2014 год, определяем, что ошибка составила 11,77 %.

Аналогично по представленным методам определяется величина ошибки прогноза по отправлению грузов СКЖД. Результаты расчетов сведены в таблицы 8, 9.

Т а б л и ц а 8 – Выбор варианта прогнозирования по прибытию грузов

Параметр	Методы				
	гармонических весов	эвристический	экспоненциального сглаживания	экстраполяции	
				по степенной зависимости	по логистической кривой
Прогноз	151185,77	144228,00	196536,94	145120,48	149591,60
Δ	17351,77	10394,00	62702,94	11286,48	15757,60
Ошибка, %	12,97	7,77	46,85	8,43	11,77

Т а б л и ц а 9 – Выбор варианта прогнозирования по отправлению грузов

Параметр	Методы				
	гармонических весов	эвристический	экспоненциального сглаживания	экстраполяции	
				по степенной зависимости	по логистической кривой
Прогноз	82013,26	76685,00	106855,27	78408,96	нет
Δ	14440,26	9112,00	39282,27	10835,96	нет
Ошибка, %	21,37	13,48	58,13	16,04	нет

По результатам расчетов с использованием различных методов определено, что наиболее точным является эвристический метод.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Белов, И. В. Моделирование экономических процессов на железнодорожном транспорте / под ред. Белова И.В., Макаровича А.М. – М. : Транспорт. 1977. – 246 с.
- 2 Грешилов, А. А. Математические методы построения прогнозов / А. А. Грешилов, В. А. Стакун, А. А. Стакун. – М. : Радио и связь, 1997. – 112 с.
- 3 Транспорт и связь в России : стат. сб. [Электронный ресурс] // Федеральная служба государственной статистики (Росстат). – URL : http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/3e4fc4004e3423529616fe18bf0023dd (дата обращения 18.09.2015).

Получено 11.05.2016.

ISBN 978-985-554-707-6. Проблемы перспективного развития железнодорожных станций и узлов. Гомель, 2017

УДК 656.21.001.2:004

П. В. ГОЛУБЕВ, М. Ю. ТЕЛЯТИНСКАЯ
Российский университет транспорта (МИИТ)

ПРИМЕНЕНИЕ САПР AUTOCAD ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ СТАНЦИЙ

Использование информационных технологий позволяет совершенствовать процесс проектирования, производить многовариантные расчеты объектов, повысить производительность труда на всех этапах формирования идеи – от стадии проектирования до внедрения в практику. Инновационные технологии в проектировании железнодорожных станций и узлов связываются с полным переходом на ИТ-технологии, которые позволяют резко сократить расходы на проектирование и снизить стоимость проектных работ.

При изучении студентами дисциплины «Железнодорожные станции и узлы» предусматривается выполнение заданий по проектированию соединений путей, стрелочных улиц, которые являются основными и наиболее сложными конструктивными элементами станций. Система AutoCAD является наиболее распространенной программной системой для автоматизированного проектирования в промышленности и применяется как базовая для ряда специализированных САПР, используемых в разных областях техники: архитектуры, географических информационных систем, автоматизированных систем управления ресурсами, в электротехнике и электронике, систем

мультимедиа и др. Сопутствующим проектированию расчёты можно выполнять с помощью специальных компьютерных программ, интегрированных в AutoCAD и составляющих основу системы автоматизированного проектирования станций и узлов.

В качестве примера рассмотрим возможность автоматизированного расчёта и проектирования элементов стрелочных переводов в кривых участках пути. Для укладки обыкновенного стрелочного перевода на существующей кривой часть ее спрямляют и по концам спрямлённого участка устраивают сопрягающие круговые кривые. На главных путях прямые вставки под укладку стрелочных переводов следует выделять с учётом устройства переходных кривых, прямых вставок между концами стрелочных переводов и переходных кривых или участка, на котором соединяемые пути имеют общие брусья.

На главных путях линии, где предусматривается движение поездов со скоростями 141–160 км/ч, длину прямой вставки определяют по формуле

$$L = L_n + 2k_2 + l,$$

где L_n – длина стрелочного перевода, м; k_2 – длина прямой вставки между концами стрелочных переводов и переходных кривых, м; l – длина переходной кривой, м.

На главных и приёмоотправочных (при сквозном пропуске поездов) путях железнодорожных линий, где предусматривается движение поездов со скоростями до 140 км/ч, длина прямой вставки составляет

$$L = L_n + k_1 + l,$$

где k_1 – длина участка пути за крестовиной, на котором уложены переводные брусья, м.

В пределах переходных кривых производят разгонку уширения колеи при переходе с кривой на прямой участок и отвод возвышения наружного рельса. На участке k_1 отвод возвышения наружного рельса не выполняется.

Прямые вставки $k_2 = 25$ м между концами стрелочных переводов и переходных кривых предусматривают для плавности движения поездов с высокими скоростями (более 140 км/ч). На основном неглавном пути длину прямой вставки L в кривых под укладку стрелочных переводов определяют по формуле

$$L = 2p + a + b,$$

где p – длина прямого участка, на котором производится уширение колеи.

Спрявление кривой основного пути для укладки стрелочного перевода производят одним из четырёх способов: по хорде, по касательной, по секущей и по двум касательным, пересекающимся под углом α , равным углу крестовины. В первых трёх случаях боковой путь может быть направлен как

наружу, так и внутрь основного пути, в последнем случае — только по кривой основного пути.

При спрямлении кривого участка пути по хорде известными параметрами являются радиус спрямляемой кривой (R_r), длина прямой вставки (L), радиус сопрягаемой кривой (R_c). При сооружении спрямления пути по хорде могут возникнуть три варианта расчёта:

- при расположении прямой вставки в середине кривой и заданными точками начала первой и конца второй сопрягающих кривых (совпадающими с точками начала конца существующей кривой);
- заданном расположении прямой вставки в середине кривой;
- расположении прямой вставки под углом β (который может изменяться от 0° до половины угла поворота существующей кривой).

Следует отметить, что при использовании максимально возможного радиуса для вписывания прямого участка пути в кривую смещение пути f окажется минимальным. В случае, если используется меньший радиус кривой, чем определённый указанным способом, значение смещения пути будет резко возрастать. Кроме этого, при вписывании прямого участка пути с радиусом $R_c < R_{c(\max)}$, будет увеличиваться и длина прямого участка. Уменьшение радиуса R_c в два раза будет увеличивать значение смещения f и длину прямого участка L в четыре раза. Тем не менее, применение радиусов $R_c < R_{c(\max)}$, может быть оправдано в связи с необходимостью применения радиусов кривых стандартной величины.

При расположении прямой вставки под углом β , который изменяется от 0° до половины угла поворота существующей кривой, могут возникнуть следующие случаи:

- при значительном угле наклона прямой вставки L (от $2-3^\circ$ до половины угла поворота существующей кривой);
- меньшем угле наклона.

При спрямлении кривого участка пути по касательной известными параметрами являются радиус спрямляемой кривой (R_r), длина прямой вставки (L), радиус сопрягаемой кривой (R_c). При сооружении спрямления пути по касательной могут возникнуть три варианта расчёта:

- при расположении прямой вставки в середине кривой (точка касания существующей кривой и отрезка L расположена в середине отрезка L);
- расположении прямой вставки в середине кривой (точка касания существующей кривой и отрезка L расположена в произвольной точке отрезка L или его продолжения);
- расположении прямой вставки под углом β (который может изменяться от 0° до половины угла поворота существующей кривой).

В первом случае речь идёт о симметричном расположении прямого участка пути длиной L относительно кривого участка пути. Вследствие этого

расчёт можно провести один раз — с одной стороны прямой вставки L , с противоположной стороны соединение будет симметричным.

При расположении прямой вставки в середине кривой (точка касания существующей кривой и отрезка L расположена в произвольной точке отрезка L или его продолжения) последовательность выполнения спрямления кривого участка пути по касательной в общем случае аналогична предыдущему случаю. Отличительной особенностью в случае расположения прямой вставки в середине кривой является отсутствие симметричного расположения прямого участка пути и кривой, что приводит к необходимости использования кривых участков пути различных радиусов.

При спрямлении кривого участка пути по секущей известными параметрами являются радиус спрямляемой кривой (R_r), длина прямой вставки (L), радиус сопрягаемой кривой (R_c). При сооружении спрямления пути по секущей могут возникнуть следующие варианты расчёта:

- при расположении прямой вставки L в середине кривой (центр отрезка L находится на радиусе кривой, соединяющей её середину и центр окружности);

- расположении прямой вставки в середине кривой (центр отрезка L находится в произвольной точке);

- расположении прямой вставки под углом β (который может изменяться от 0° до половины угла поворота существующей кривой).

В первом случае речь идёт о симметричном расположении прямого участка пути длиной L относительно кривого участка пути.

При расположении прямой вставки в середине кривой (центр отрезка L находится в произвольной точке) последовательность выполнения спрямления кривого участка пути по касательной в общем случае подобна предыдущему случаю. Отличительной особенностью в указанном случае является отсутствие симметричного расположения прямого участка пути и кривой, что приводит к необходимости использования кривых участков пути различных радиусов.

Если один из радиусов, например R_2 , окажется меньше нормативного, то выполнить спрямление невозможно. В случае, если радиус R_2 оказывается допустимым для укладки спрямления, его можно построить, используя максимально возможные радиусы кривых (либо меньшие радиусы стандартной кривизны). Перед выполнением построений по определению максимально возможного радиуса для сопряжения вновь укладываемого стрелочного перевода длиной L следует определить возможность его укладки.

При спрямлении кривого участка пути по двум касательным, пересекающимися под углом, равным углу крестовины, известными параметрами являются радиус спрямляемой кривой (R_r), длина прямой вставки (L), радиус сопрягаемой кривой (R_c), параметры стрелочного перевода a , b и α .

В случае, если хотя бы один из радиусов окажется меньше нормативного, уложить спрямление становится невозможно. Если радиусы оказываются допустимыми для укладки спрямления, то его можно построить, используя максимально возможные радиусы кривых (либо меньшие радиусы стандартной кривизны).

Таким образом, определен алгоритм расчета всех элементов стрелочных переводов при укладке их в кривой в зависимости от геометрии примыкающих участков путей, а также способов спрямления кривой основного пути. Наличие данного алгоритма позволяет разработать соответствующие программные процедуры, способные производить укладку стрелочных переводов в автоматизированном режиме.

Получено 04.05.2016.

ISBN 978-985-554-707-6. Проблемы перспективного развития железнодорожных станций и узлов. Гомель, 2017

УДК 629.4.014.76:656.212.5

И. А. ЕЛОВОЙ, С. А. ПЕТРАЧКОВ, Е. Н. ПОТЫЛКИН

Белорусский государственный университет транспорта (БелГУТ)

ВЛИЯНИЕ ИЗБЫТКА ПАРКА ВАГОНОВ ГРУЗООТПРАВИТЕЛЕЙ И ГРУЗОПОЛУЧАТЕЛЕЙ НА РАБОТУ СТАНЦИЙ И ИХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ С ПУТЯМИ НЕОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ

Рассмотрены вопросы, связанные с влиянием избытка парка вагонов грузоотправителей, грузополучателей на работу железнодорожных станций и их взаимодействие с путями необщего пользования. Результаты исследований могут быть использованы при разработке методики определения расходов железной дороги, связанных с нахождением вагонов грузоотправителей, грузополучателей на путях общего пользования сверх нормативного времени по их вине.

Белорусская железная дорога в последние годы испытывает затруднения в поездной и грузовой работе, что связано с избытком вагонного парка на ряде полигонов сети. Накопление и отстой вагонов на станционных путях и путях необщего пользования приводят к уменьшению перерабатывающей способности основных компонентов путевого развития железнодорожной сети. В теории организации движения на железнодорожном транспорте достаточно изучены процессы взаимодействия станций и участков, в меньшей степени — процессы взаимодействия станций и путей необщего пользования. Исследо-

ваниями в данных областях занимались многие ученые, среди которых можно выделить Правдина Н. В., Бородина А. Ф., Сотникова Е. А., Смехова А. А., Тихомирова И. Г., Скоробогатко В. В., Негрея В. Я., Циркунова Г. А., Голвнича А. К., Ферাপонтова Г. В. и др. В настоящее время исследования работы железнодорожных станций и их взаимодействия с путями необщего пользования не потеряли актуальность ввиду наличия до сих пор нерешенных задач и постоянно меняющихся условий функционирования железнодорожного транспорта. Привлечение частного и арендованного подвижного состава на сеть Белорусской железной дороги вызывает появление новых задач в рамках взаимодействия станций и железнодорожных путей необщего пользования.

Инфраструктура железнодорожных путей необщего пользования была создана для плановой системы экономики, когда не наблюдалось избытка подвижного состава, и простой вагонов под одной грузовой операцией составлял около 24 часов. В настоящее время в условиях роста парка вагонов грузоотправителей, грузополучателей между владельцами путей необщего пользования и собственниками вагонов заключаются договора, где предусматривается нахождение этих вагонов на путях необщего пользования в отдельных случаях порядка 72 часов. При более продолжительном их простое владелец пути выплачивает неустойку в пользу собственника вагонов. Столь продолжительное нахождение вагонов на путях необщего пользования вызывает сгущение вагонопотока, прибывающего в адрес предприятия. В результате на ряде путей необщего пользования крупных промышленных предприятий испытываются недостатки в путевом развитии как на них самих, так и на железнодорожных станциях, к которым они примыкают. Следствием чего становится уменьшение перерабатывающей способности как одних, так и других. Решением данной проблемы может быть строительство новых и реконструкция уже имеющихся железнодорожных путей для отстоя подвижного состава на станции или на путях необщего пользования, что требует глубоких научных исследований.

Основные компоненты путевого развития железнодорожной сети – станции, перегоны, железнодорожные пути необщего пользования – имеют сильную структурную и функциональную связность через транспортные потоки и парки единиц подвижного состава. Избыток вагонного парка на путях необщего пользования, перенасыщение участков поездами приводят к нарушению условий взаимодействия в эксплуатационной работе. Именно факторы, связанные с перегрузкой транспортными потоками и перенасыщением вагонами участков и железнодорожных путей необщего пользования, с невозможностью отправления поездов со станций и (или) подачи прибывших вагонов на станции, как правило, становятся первопричиной перенасыщения вагонами станционных путевых емкостей [1]. В соответствии с пунктом 165 [2] за время нахождения частных или арендованных вагонов, контейнеров на железнодорожных станциях под погрузкой, выгрузкой,

а также за время их задержки на станциях отправления, назначения или в пути следования по причинам, зависящим от грузоотправителя, грузополучателя, взимается плата в размере 50 % от платы за пользование вагонами, контейнерами железной дороги. Однако следует отметить, что в нормативной документации Белорусской железной дороги нет обоснования размера данной платы в 50 %. В связи с этим актуальной становится проблема разработки методики определения расходов железной дороги, связанных с нахождением вагонов грузоотправителей, грузополучателей на путях общего пользования сверх нормативного времени по их вине.

При определении затрат необходимо рассматривать расходы:

- связанные с непосредственным нахождением на путях общего пользования вагонов грузоотправителей, грузополучателей сверх нормативного времени по их вине;

- связанные с технологическими затруднениями в работе железной дороги и потерей части доходов от увеличения оборота вагонов при нахождении вагонов грузоотправителей, грузополучателей на путях общего пользования сверх нормативного времени по их вине;

- косвенные (латентные), возникающие в период занятия путей общего пользования вагонами грузоотправителей, грузополучателей сверх нормативного времени по вине грузоотправителей, грузополучателей.

При определении первых необходимо учитывать следующие параметры:

- 1 Отношение расходов, связанных с непосредственным нахождением на путях общего пользования вагонов грузоотправителей, грузополучателей сверх нормативного времени по их вине, на единицу подвижного состава в сутки.

- 2 Величину расходной ставки за текущее содержание, ремонт и амортизацию 1 км станционных путей.

- 3 Расходную ставку за текущее содержание, ремонт и амортизацию 1 км станционных путей за год с учетом затрат хозяйства пути, хозяйства сигнализации и связи и локомотивного хозяйства.

- 4 Затраты на охрану вагонов, учитывающие расходы на проезд стрелков ВОХР до промежуточной станции, на которой будет осуществляться отстой вагонов, расходы на заработную плату, командировочные расходы и расходы на проживание стрелков ВОХР.

- 5 Расходы на маневровую работу, зависящие от стоимости маневрового локомотиво-часа и продолжительности выполнения маневровых операций.

При нахождении на путях общего пользования вагонов по вине грузоотправителей, грузополучателей железная дорога несет дополнительные расходы, связанные с технологическими затруднениями в работе и потерей части доходов от увеличения оборота вагонов.

В соответствии с пунктом 46 [4] в связи с несвоевременными погрузкой, выгрузкой, вывозом грузов с железнодорожных станций грузополучателями, простоем вагонов в ожидании переадресовки по причинам, зависящим от них, и возник-

новением по данным причинам технологических затруднений на железнодорожных станциях указанными лицами вносится плата за пользование вагонами, контейнерами в двукратном размере. В соответствии с Правилами перевозок грузов железнодорожным транспортом общего пользования, ч. 2 (постановление Министерства транспорта и коммуникаций Республики Беларусь от 31.03.2008 № 40) свидетельствами технологических затруднений в работе железнодорожной станции могут являться:

- образование очереди из вагонов, ожидающих подачи под выгрузку, погрузку;
- дополнительная маневровая работа из-за простаивающих на станции вагонов;
- появление повторной сортировки вагонов;
- задержка в приеме поездов от соседних железнодорожных станций;
- необходимость задержки вагонов на железнодорожных станциях в пути следования;
- необходимость подсылки порожних вагонов под погрузку из-за продолжительного времени выгрузки и другие обстоятельства.

Расходы, связанные с технологическими затруднениями в работе железной дороги и потерей части доходов от увеличения оборота вагонов при нахождении вагонов грузоотправителей, грузополучателей на путях общего пользования сверх нормативного времени по их вине, включают в себя расходы, связанные с задержкой вагонов в пути и на соседних станциях, с дополнительным простоем местных вагонов в ожидании подачи под погрузку, выгрузку, с дополнительной маневровой работой на станции из-за простаивающих на станции вагонов, а также потери части доходов железной дороги из-за снижения среднесуточной производительности вагона.

Косвенные (латентные) расходы, связанные с занятием путей общего пользования вагонами грузоотправителей, грузополучателей сверх нормативного времени по их вине, включают в себя расходы на изменение рационального плана формирования поездов, что может привести к дополнительному пробегу вагонов (появление «кружностей») и дополнительных затрат на тягу поездов; повторную сортировку вагонов при изменении плана формирования поездов; снижение пропускной способности станций или участков вплоть до отказа приема поездов; увеличение рабочего парка грузовых вагонов и др.

Все перечисленные расходы имеют вероятностный характер. В то же время величина косвенных расходов железной дороги, связанных с нахождением на путях общего пользования вагонов грузоотправителей, грузополучателей сверх нормативного времени, увеличивается с ростом потока вагонов.

Обобщая весь представленный материал, можно сделать следующие выводы:

- в настоящее время у транспортного комплекса Республики Беларусь существует острая необходимость в развитии инфраструктуры путей общего пользования с целью удовлетворения всех требований ее клиентов ввиду увеличения числа частных и арендованных вагонов;

- совершенствование технологии работы грузовых станций Белорусской железной дороги невозможно без глубокого научного исследования режимов их взаимодействия с путями необщего пользования;
- разработка методики определения расходов железной дороги, связанных с нахождением вагонов грузоотправителей, грузополучателей на путях общего пользования сверх нормативного времени по их вине является в настоящее время актуальной проблемой.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Бородин, А. Ф. Рациональное соотношение вместимости путей станций и вагонных парков с учетом увеличения доли частных вагонов / А. Ф. Бородин, Е. А. Сотников // Железнодорожный транспорт. – 2011. – № 3. – С. 8–19.
- 2 Сборник правил перевозок и тарифов железнодорожного транспорта общего пользования. – Минск : Пресвет, 2013. – 424 с.
- 3 Сотников, Е. А. Эксплуатационная работа железных дорог (состояние, проблемы, перспективы) / Е. А. Сотников. – М. : Транспорт, 1986. – 256 с.
- 4 Устав железнодорожного транспорта общего пользования. – Минск : Тесей, 2011. – 96 с.
- 5 Правдин, Н. В. Основы автоматизации проектирования железнодорожных станций : [монография] / Н. В. Правдин, А. К. Головнич, С. П. Вакуленко; под общ. ред. Н. В. Правдина. – М. : Маршрут, 2004. – 400 с.
- 6 Правдин, Н. В. Взаимодействие различных видов транспорта: (примеры и расчеты) / Н. В. Правдин, В. Я. Негрей, В. А. Подкопаев / под ред. Н. В. Правдина. – М. : Транспорт, 1989. – 208 с.

Получено 27.08.2016.

ISBN 978-985-554-707-6. Проблемы перспективного развития железнодорожных станций и узлов. Гомель, 2017

УДК 378.14

Н. А. КЕКИШ

Белорусский государственный университет транспорта (БелГУТ)

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА ОБУЧЕНИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЮ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ СТАНЦИЙ И УЗЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНСТРУМЕНТОВ WEB 2.0

Предлагаются пути совершенствования обучения проектированию железнодорожных станций на базе групповой работы студентов с использованием доступного современного программного обеспечения и облачных технологий совместной работы. Даны рекомендации по базовому набору соответствующих инструментов *Web 2.0* и их применению в учебной проектной работе.

Железнодорожные станции и узлы – одна из ключевых дисциплин по подготовке инженеров-специалистов железнодорожного транспорта. От освоения этой дисциплины во многом зависит глубина понимания студентами взаимосвязи инфраструктуры и технологии управления железнодорожным транспортом. Зачастую изучение дисциплины "Железнодорожные станции и узлы" вызывает у студентов значительные трудности, связанные прежде всего с большим объёмом материала, особенно графического, а также с трудоёмкостью выполнения практических заданий. Поэтому важно совершенствовать проектный компонент процесса изучения рассматриваемой дисциплины с использованием современных информационных технологий и, в частности, с применением эффективных инструментов *Web 2.0*.

Проектно-ориентированное обучение рассматривается через призму двух основных задач: метакогнитивной и практической. Метакогнитивная задача состоит в самооценке учащимися своих теоретических знаний с точки зрения возможности их эффективного применения на практике. Практическая задача представляет собой выработку навыков, необходимых для будущей профессиональной деятельности. И это навыки, не только непосредственно связанные с содержанием дисциплины, но и более общего социального, личностного и профессионального характера. Согласно детальному исследованию и прогнозу перспективных рынков труда [1], в ближайшие годы и в долгосрочной перспективе приоритет требуемых для работы навыков прочно перейдёт к навыкам эффективного решения комплексных проблем и социальным навыкам организации и взаимодействия (совместной работы, тайм-менеджмента, формирования позиции и аргументации). Совершенно необходимым для высококвалифицированных специалистов в условиях коренного изменения методов коммуникации и обслуживания технологических процессов на рабочих местах в XXI веке станет навык цифровой грамотности – умения ответственно и эффективно пользоваться информационными ресурсами Интернета, понимать основные принципы взаимодействия пользователя с интерфейсом любого программного продукта и быстро адаптироваться к изменениям цифровой среды. Как поддержать в процессе обучения выработку этих навыков? Для реализации поставленных задач обучения, прежде всего практических, необходимо воссоздание для учащихся максимально приближенной к условиям будущей профессиональной деятельности среды. Рассмотрим, как выглядит с этой точки зрения существующая методика.

В настоящее время проектный компонент обучения в дисциплине "Железнодорожные станции и узлы" реализуется следующим образом:

- теоретическая подготовка (в основном параллельная с небольшим опережением по отношению к выполнению проекта);
- выдача индивидуальных заданий для каждого студента;

- практические занятия со всей группой с объяснением этапов выполнения проекта и проверкой текущей успеваемости;
- консультации (групповые и индивидуальные, обязательные и опциональные);
- методическая поддержка выполнения проекта в виде методического пособия;
- самостоятельное выполнение проекта студентом;
- проверка каждого проекта преподавателем;
- индивидуальная либо публичная (перед группой и/или комиссией) защита проекта.

Следует признать, что существующий вариант проектного обучения в недостаточной степени поддерживает реализацию современных задач обучения и подготовки специалистов, востребованных по совокупности своих навыков перспективным рынком труда и непосредственно профильной отраслью, в которой им предстоит работать. Основная причина – несоответствие сформированной учебной проектной среды реальной производственной среде по следующим параметрам:

- тип взаимодействия: современная реальная среда проектирования в целом, и в особенности таких сложных объектов, как инфраструктура железнодорожного транспорта, в принципе не может быть воспроизведена как индивидуальная работа. Проектное обучение в виде индивидуального задания, предполагающего выполнение в одиночку всех этапов проектирования (ТЭО, расчёты, технология, разработка плана и профиля и т.д.) не даёт студенту возможность выработать важнейший комплекс навыков совместной работы, без которого его даже самые выдающиеся показатели в чисто когнитивной сфере могут оказаться невостребованными на реальном рабочем месте;

- процесс постановки задачи и сопровождение выполнения: в реальной производственной среде проектировщику будет выдано техническое задание и комплект норм и стандартов. Никто не будет детально объяснять как выполнять проект (как это делается на практических занятиях). При возникающих вопросах у него есть несколько путей для получения ответа: литература (в учебной среде проектирования станций и узлов – это пособия, среди которых классический учебник под редакцией профессора Н.В. Правдина, лекционный курс), архив предыдущих проектов (в этой роли может выступать детально разработанное методическое руководство и образцы/шаблоны проектов для обучения), коллеги (в учебной среде – это другие студенты), руководство (в учебной среде – это преподаватель). Очевидно, что для выработки навыка эффективного поиска нужной информации в учебной среде должны использоваться те же каналы с той же иерархической структурой последовательности и частоты обращений, что и на рабочем месте;

- контроль сроков: вслед за разработкой программного обеспечение, в разных отраслях все большее распространение получают гибкие методологии разработки типа *Agile* и *Scrum* [2], позволяющие эффективно контролировать сроки выполнения отдельных этапов как гарантию своевременного выполнения проекта (в широком смысле этого слова) в целом. Проектная работа имеет этапный характер по своей сути, и соблюдение графика выполнения каждого отдельного этапа в таком случае приобретает особое значение. Соответственно в учебном проекте должно иметь значение не только выполнение проекта в целом к определённой дате сдачи (что часто поощряет откладывание на последний момент и некачественное выполнение большого объёма работы в короткий срок), но и степень корреляции прохождения отдельных этапов с заранее разработанным графиком;

- вид и формат документов: все современные проектные организации работают в *CAD*-среде и предоставляют всю сопроводительную документацию к проекту в электронном виде. Соответственно любые варианты учебных проектов, допускающие выполнение их без применения компьютерной техники (чертежи и пояснительная записка, сделанные от руки), совершенно неприемлемы с точки зрения подготовки специалистов, которые должны владеть хотя бы базовыми навыками работы с соответствующими инструментами автоматизированного проектирования и оформления документации.

- методы представления и оценки результатов: с точки зрения соответствия реальной проектной среде следует признать неприемлемым метод индивидуальной защиты проектов. В проектной организации обсуждение готового проекта перед сдачей заказчику обязательно будет публичным (совещание руководства и исполнителей). Индивидуальная защита лишает студента возможности выработки навыков публичных выступлений, презентации своей работы, активной аргументации. Более того, публичная защита, как никакой другой метод, позволяет объективно оценить степень овладения материалом, глубину понимания теоретических положений и особенностей их практического применения на конкретном примере.

Таким образом, в существующем виде проектное обучение в рамках дисциплины "Железнодорожные станции и узлы" даёт возможность только в определенном объёме способствовать развитию когнитивных навыков студентов (освоению ими теоретического материала). Что касается развития комплекса навыков эффективного практического использования полученных знаний, то созданная учебная среда предоставляет только ряд возможностей.

В разрезе поставленных задач наиболее перспективным представляется проектное обучение, построенное на следующих принципах:

- групповая работа;
- повышение уровня автономии обучения;

- обязательное использование современного программного обеспечения для проектирования, оформления сопутствующей документации;
- развитие навыков выбора и использования инструментов *Web 2.0* для повышения эффективности коммуникации, совместной работы и производительности в процессе обучения.

Необходимость применения групповой работы в проектном обучении очевидна: только группа может искусственно воссоздать для студента ту среду коллектива, в которой теоретические навыки будут находить практическое применение. В противном случае он не имеет возможности развить такие необходимые в работе навыки взаимодействия с другими людьми, как распределение и делегирование обязанностей, формирование своей позиции, аргументация, конструктивная критика (как других, так и восприятие в свой адрес), уважение и объективное восприятие чужого мнения. Только тесное взаимодействие в процессе производства в рамках создания конкретного проекта поможет студенту сформировать наиболее правильное представление о своих сильных и слабых сторонах, о своей предпочтительной роли в будущей профессиональной деятельности. Конечный продукт рационально организованной групповой деятельности всегда превосходит индивидуальный, потому что на каждом отдельном этапе в нем реализуются только лучшие предложения разных участников. Это в итоге позволяет студентам учиться на лучших образцах. Групповая работа тренирует практику использования различных каналов получения информации и грамотного построения иерархии этих каналов, что способствует выработке устойчивой схемы профессионального поведения будущего специалиста. Способы формирования групп (гомогенные или гетерогенные по уровню подготовки, с принудительным или самостоятельным формированием) целиком зависят от конкретных условий работы и не могут быть однозначно рекомендованы для всех случаев [3]. Вопросы правильной организации и оценки групповой работы заслуживают отдельного рассмотрения и не могут быть отражены в полной мере в данной статье. Можно отметить только то, что рекомендуемые ниже инструменты для совместной работы дают широкий спектр возможностей для объективной оценки работы каждого отдельного участника группы и контроля хода процесса проектирования в целом.

В чем заключается повышение уровня автономии обучения студентов при таком варианте проектной работы? В первую очередь, это как раз повышение активности в использовании альтернативных каналов информации по отношению к преподавателю (самостоятельный поиск, другие студенты, также являющиеся участниками группы). Во-вторых, это выбор предпочтительного графика работы. В пределах конечного срока сдачи внутренний график прохождения отдельных этапов группа устанавливает для себя сама. При разработке этого графика в расчёт могут приниматься различные соображения: индивидуальные способности студентов – участников группы,

влияющие на сроки выполнения отдельных этапов, их загрузка по другим предметам и т.д. Такой подход напрямую связан с индивидуализацией обучения. Для разных групп студентов критичными могут быть разные виды заданий проекта (расчёты, проектирование, составление пояснительной записки), что требует различных вариантов распределения времени между ними. Но, выработав свой индивидуальный график, группа должна его придерживаться и несёт ответственность (в том числе и в форме влияния на окончательную оценку) за его выполнение.

Что касается собственно проектирования, то в настоящий момент для этой цели может быть рекомендован пакет *AutoCAD*. Не вдаваясь в подробности его сравнения с другими вариантами, можно выделить три его несомненных преимущества в контексте поставленных задач:

- широко распространён в профессиональной среде проектирования в различных отраслях, в том числе в большинстве проектных организаций железнодорожного профиля. Это даёт возможность максимально приближенно воссоздать процесс работы на реальном рабочем месте;

- обладает встроенными инструментами (в том числе и интегрируемыми от сторонних разработчиков) для совместной работы. Это позволяет работать над чертежом синхронно или асинхронно всем участникам группы, внося свой вклад в разработку общего проекта;

- имеет бесплатный пакет для обучения.

Рациональным вариантом представляется работа студентов с готовыми шаблонами элементов путевого развития по модульному принципу (как в реальном проектировании). Это позволит более эффективно использовать учебное время. Разработка и отрисовка стандартных шаблонов – это трудоёмкий для обучения процесс (предполагается, что на момент начала проекта студенты уже имеют хорошее представление о виде и условном обозначении основных элементов путевого развития). Набор готовых шаблонов (в том числе и стандартных листов оформления) экономит им время для творческой работы по проектированию, содержательной с точки зрения обучения.

Для текущей работы над проектом хотелось бы порекомендовать несколько бесплатных доступных инструментов *Web 2.0*, позволяющих решить различные проблемы и поддержать развитие необходимых навыков. Выбор этих приложений обусловлен следующими критериями: поддержка группового доступа, бесплатность, наличие мобильной версии, удобный и простой для освоения интерфейс, положительный опыт автора в практическом использовании.

SketchBookExpress – простое мобильное приложение от той же компании *Autodesk*, позволяющее сделать эскиз и сохранить его в форматах *jpeg* или *.png*. Отлично подходит для быстрой разработки первичных вариантов схемы целиком или её отдельных частей. Приложение работает оффлайн, по-

этому даёт возможность оперативно фиксировать все идеи в любой момент времени. Результат может быть отправлен другим участникам группы по электронной почте или использован в других инструментах для совместного обсуждения (см. ниже).

Realttimeboard – инструмент для группового мозгового штурма. Представляет собой виртуальную электронную доску, на которую могут быть прикреплены материалы (тексты, рисунки, фото) в любой нужной конфигурации. В бесплатном пакете предоставляется три доски с доступом трёх участников для совместной работы. Студенты могут использовать этот инструмент при обсуждении и разработке вариантов проектирования. Все записи участники могут сопровождать комментариями. *Realttimeboard* может быть полезен и при разработке графика выполнения проекта и распределения обязанностей между участниками группы (в приложении есть набор готовых соответствующих шаблонов). Приложение имеет как версию для *PC*, так и мобильную версию, что даёт возможность пользоваться им в любое удобное для участников группы время.

Trello – бесплатное приложение, которое даёт возможность эффективно организовать групповую работу: составить список задач с назначением ответственных за выполнение и сроки, оперативно контролировать прохождение отдельных этапов, вести переписку и пересылать друг другу документы внутри приложения, оставлять дополнительные примечания и комментарии к каждой задаче, получать напоминания о сроках. В оффлайн-режиме доступен просмотр всех задач (недоступны функции добавления, редактирования и комментариев).

Приложения *Realttimeboard* и *Trello*, на взгляд автора, лучше всего подходят для планирования и организации групповой работы, тренировки навыков взаимодействия и для обсуждения работы над проектом (чертежом), когда совместная работа всех участников в *AutoCAD* невозможна (кто-то из участников не может находиться за стационарным компьютером и вносить правки/делать комментарии).

GoogleDocs и *GoogleSheets* – инструменты пакета *Google*, позволяющие использовать облачный сервис *GoogleDrive* для совместной работы и хранения документов. В групповой работе над проектом они позволяют синхронно и асинхронно работать над текстом пояснительной записки и вести расчёты. При соответствующем образом распределённых правах доступа дают возможность не только всем участникам группы, но и преподавателю видеть весь процесс работы над документами, вставлять комментарии и отвечать на них, оценивать вклад каждого из участников в общий результат. Все материалы по проекту (включая эскизы и схемы) будут находиться в одном месте и будут в любой момент доступны всем участникам, позволяя им совместно работать над проектом в заранее оговоренное или в удобное для себя время вне зависимости от их физического местонахождения.

LibreOffice/OpenOffice – бесплатные программные пакеты для окончательного оформления работы в соответствии с нормативными требованиями. *GoogleDocs/GoogleSheets* имеют довольно скромный набор инструмен-

тов форматирования, не позволяющий привести текстовый документ пояснительной записки к требуемому стандартному виду. Поэтому окончательный вариант пояснительной записки, подготовленный в ходе совместной работы в *GoogleDocs*, должен быть сохранён в формате *.docx* и отформатирован в соответствии со всеми требованиями. Рекомендация этих пакетов обусловлена тем, что при наличии того же функционала, что и в лицензионном платном пакете *MSOffice*, эти программные продукты легально распространяются на бесплатной основе.

GoogleSlides – ещё одно приложение пакета *Google* для создания презентаций. В проекте может быть использовано для иллюстрации публичного доклада группы при защите. Как и другие инструменты пакета, поддерживает совместную работу: в создании презентации могут принимать участие все члены группы путём непосредственного редактирования и комментариев. В отличие от приложения *PowerPoint* лицензионного платного пакета *MSOffice*, это приложение легально распространяется бесплатно, при этом позволяя сохранять созданные презентации в том же формате *.pptx*.

Излишне говорить, что набор возможных инструментов, которые могут быть успешно применены в учебном проектировании, не ограничивается представленным перечнем. Каждое из рекомендованных приложений имеет несколько аналогов с подобными характеристиками, поэтому как преподаватели, так и студенты могут сделать выбор в пользу того или иного программного продукта, руководствуясь своими личными предпочтениями, опираясь на необходимый для поставленных задач функционал и учитывая соблюдение лицензионных ограничений и стоимость.

Таким образом, изменение требований к квалификации и навыкам потенциальных работников должно стать стимулом к совершенствованию организации преподавания таких сложных дисциплин, как "Железнодорожные станции и узлы". Правильный в своей сути подход к освоению этой дисциплины методом проектного обучения в современных условиях требует модернизации на основе воссоздания в учебном процессе рабочей среды, близкой к аутентичной профессиональной. Это возможно при переходе от индивидуальной к групповой работе студентов, с широким использованием в учебном процессе доступных современных программных продуктов и инструментов *Web 2.0*. Подобный подход позволит студентам развивать не только когнитивные, но и социальные, профессиональные, личностные навыки, необходимые для успешной дальнейшей работы. Практика работы в таком формате даст необходимый опыт (прежде всего преподавателям) для активно развивающегося направления дистанционного обучения, в котором использование совместной удалённой работы будет уже не просто усовершенствованием, а насущной необходимостью организации учебного процесса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 The future of jobs report [Electronic resource] / K. Schwab, R. Samans. The World Economic Forum, Davos-Klosters, 2016. Mode of access: <http://www.weforum.org> / Date of access: 19.01.2016.

2 Гибкая методология разработки [Electronic resource] / Mode of access: https://ru.m.wikipedia.org/Гибкая_методология_разработки Date of access: 29.01.2016.

3 Kozar, O. Towards better group work: seeing the difference between cooperation and collaboration / O. Kozar // English Teaching Forum. – 2001. – № 39 (2). – С. 2–8.

Получено 19.05.2016.

ISBN 978-985-554-707-6. Проблемы перспективного развития железнодорожных станций и узлов. Гомель, 2017

УДК 656.2.022.846 (470)

И. А. ИВАНОВ-ТОЛМАЧЕВ

Российский университет транспорта (МИИТ)

НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ СКОРОСТНОГО И ВЫСОКОСКОРОСТНОГО ДВИЖЕНИЯ В РОССИИ

Рассматриваются перспективы развития скоростного и высокоскоростного движения на Российских железных дорогах с получением значительного экономического и социального эффекта.

В настоящее время разработан проект новой высокоскоростной магистрали Москва – Санкт-Петербург. В стадии разработки находится проект Москва – Казань. На перспективу принято решение об удлинении высокоскоростной магистрали Москва – Казань до Екатеринбурга и в дальнейшем до Китая. Также решается вопрос о разработке проекта высокоскоростной магистрали Москва – Адлер.

Первые высокоскоростные магистрали были построены в Японии в 1960-х годах. В дальнейшем они появились во Франции, Германии, Испании, Италии, Великобритании, в Китае и в других странах. На ряде высокоскоростных магистралей в Испании и Японии ширина колеи отличается от колеи обычных железнодорожных линий. В КНР, Германии, Франции и Италии ширина колеи высокоскоростных магистралей такая же, как и на дорогах общей сети.

В нашей стране ширина колеи высокоскоростных магистралей принята равной 1520 мм, что дает возможность следования всех поездов по всем на-

правлениям. Ввод в эксплуатацию ВСМ сблизит зоны проживания трудового населения, зоны занятости путем снижения обобщенных транспортных затрат и зоны производства. Как следствие, прежние безработные станут участниками рынка труда, возрастет мобильность среди работающего населения, которое сможет трудиться в более отдаленных от места проживания зонах. Это будет способствовать повышению эффективности рынка труда, и для производства станут более доступны смежные отрасли.

Например, станет возможным строительство станции ВСМ на расстоянии 50–100 км от Москвы и создание поблизости от нее нового городского поселения, которое снизит напряженность на московском рынке жилья за счет увеличения предложения недвижимости. Пассажиры ВСМ будут доезжать от такого городского поселения до центра Москвы не более чем за 30 минут – быстрее, чем при поездке на автомобиле с окраин Москвы. Строительство ВСМ с высокой вероятностью приведет к повышению привлекательности ранее удаленных регионов, слабо включенных в экономическую активность административных центров, что приведет к их экономическому развитию, росту стоимости земли и недвижимости и развитию новых промышленных объектов.

Кроме пассажирских перевозок использование высокоскоростных линий для специальных грузовых перевозок на специальном подвижном составе предлагалось в Испании, Франции и в других странах. Такая перспектива существует и у нас в стране.

Проект высокоскоростной магистрали (ВСМ-1) Москва – Санкт-Петербург имеет давнюю историю. Его начало совпало с бурным временем перестройки, через которую проходила страна и затем само РЖД. Начиная с 1987 года, было выполнено несколько проектов, которые должны были окончиться постройкой ВСМ. Но ни один из них не увенчался успехом [2]. Основные характеристики проекта:

- длина маршрута – 660 км;
- время в пути – 2 ч 30 мин ;
- максимальная скорость – до 400 км/ч.

Основными задачами данного проекта являются:

- улучшение качества и доступности социальных транспортных услуг;
- повышение социально-экономического потенциала страны;
- развитие системы интермодальных комплексов ВСМ/аэропорты/ТЛЦ;
- привлечение дополнительных инвестиций в транспортную отрасль;
- улучшение инвестиционного климата в стране.

Предполагаемая железнодорожная магистраль ВСМ-2 Москва – Владимир – Нижний Новгород – Казань проходит по территории семи субъектов Российской Федерации: Москва и Московская область, Владимирская и Нижегородская области, Чувашская республика, Республика Марий Эл

и Республика Татарстан. Дальнейшее развитие линии предусматривает ее продление до Екатеринбурга [2].

Запуск участка обеспечит сокращение времени следования между Москвой и Казанью в 4 раза: с нынешних 14 часов (по существующей железнодорожной инфраструктуре) до 3,5 часов, а время в пути между Нижним Новгородом и Казанью сократится в 7 раз – с 10 часов 32 минуты до 1 часа 37 минут. ВСМ Москва – Казань будет способствовать повышению связности территории России и мобильности населения, а среднее время в пути между столицами регионов составит 1 час.

Основные характеристики проекта ВСМ Москва – Казань:

- длина маршрута – 770 км;
- время в пути – 3 ч 30 мин;
- максимальная скорость – до 400 км/ч.

Направление Москва – Владимир – Нижний Новгород – Казань – Екатеринбург может считаться перспективным транспортным коридором для организации высокоскоростного железнодорожного движения по ряду основных критериев:

- большая численность населения района тяготения – более 35 млн чел.;
- средняя плотность населения – 48,56 чел./км²;
- большая доля городского (более мобильного) населения – более 70 %;
- наличие устойчивого пассажиропотока на авиа- и железнодорожном транспорте – около 17 млн чел. (на всей протяженности трассы);
- опережающие хозяйственное развитие территорий в сравнении со среднероссийскими уровнями и рост денежных доходов на душу населения;
- развитая промышленность.

При реализации проекта строительства специализированной высокоскоростной железнодорожной магистрали Екатеринбург – Казань – Нижний Новгород – Москва представляется наиболее целесообразным обеспечить транспортную доступность к ВСМ таких городов, как Набережные Челны, Ижевск, Йошкар-Ола, Пермь, Уфа, Нижний Тагил, Челябинск и др., которая может быть достигнута за счет организации подвоза пассажиров и пересадок по принципам интермодальности. Время нахождения в пути следования между промежуточными станциями – 3–3,5 ч, и между конечными станциями на высокоскоростной магистрали Екатеринбург – Казань – Нижний Новгород – Москва оно составит не более 8 ч.

ВСМ по своей сути является региональным транспортом, главная цель которого – соединение крупных городов на расстояниях до 600 км. Построенная полностью от Екатеринбурга до Москвы, ВСМ-2 будет во многом региональной транспортной системой, соединяющей близлежащие региональные населенные пункты. Длина участков трассы, по предварительным расчетам, составит: Москва – Владимир – 200 км, Владимир – Нижний Новгород – 215 км, Нижний Новгород – Чебоксары – 235 км, Чебоксары – Казань – 120 км. При

этом 170 км скоростной трассы пройдет по полигону Московской железной дороги и 600 км – по полигону Горьковской железной дороги.

Остановки высокоскоростных поездов предусмотрены на 15 станциях: Москва-Курский вокзал, Ногинск, Орехово-Зуево, Петушки, Владимир, Ковров, Гороховец, Дзержинск, Аэропорт, Нижний Новгород, Нива, Полянки, Чебоксары, Помары, Казань 2. На максимальные размеры движения ВСМ предположительно выйдет к летним перевозкам 2030 года: 34 пары высокоскоростных пассажирских поездов и 11 пар ускоренных региональных поездов. Проект ВСМ 2 включен в изменения в «Стратегию развития железнодорожного транспорта до 2030 года».

Высокоскоростное железнодорожное сообщение по ВСМ Центр – Юг организуется с целью привлечения дополнительного пассажиропотока на железнодорожный транспорт за счет создания для пассажиров более привлекательных условий перевозок:

- сокращение времени в пути;
- повышение комфортности и безопасности поездок;
- развитие конкурентной среды в перевозках пассажиров и в дальнейшем перевозке грузов на рынке транспортных услуг;
- улучшение транспортных связей между регионами России;
- обеспечение повышения уровня мобильности населения страны;
- снижение экологической нагрузки от железнодорожного транспорта на среду обитания.

Строительство ВСМ Центр – Юг планируется на территории нескольких субъектов Российской Федерации: Москва, Московская, Тульская, Липецкая, Воронежская, Ростовская области, Республика Адыгея, Краснодарский край. Ориентировочная общая длина магистрали Центр – Юг составляет 1500–1600 км.

Как полагают в РЖД, решение направить через Воронеж только грузовой транзит по этому направлению может способствовать увеличению грузопотока в порты Азово-Черноморского бассейна. Пропускная способность по воронежскому направлению, согласно данным экспертов, колеблется от 25 до 50 пар в сутки [2]. По этой линии в первую очередь можно будет организовать движение скоростных и высокоскоростных рефрижераторных и специальных поездов для перевозки сельскохозяйственной продукции.

На перспективу предлагается строительство обхода высокоскоростной магистрали по большому кольцу Московской железной дороги. Это позволит сократить объемы работы Московского железнодорожного узла, т. к. будут доступны прямые сообщения Санкт-Петербург – Казань и Санкт-Петербург – Адлер, без транзитного сообщения через Москву. Места пересечения линий ВСМ-1 и ВСМ-2 с данной высокоскоростной магистралью будет иметь колоссальный эффект для развития городов в непосредственной близости от линий высокоскоростного сообщения, что также значи-

тельно увеличит количество новых рабочих мест. На места сопряжения данных линий можно организовать аэроэкспрессы для доставки пассажиров из Москвы и области для посадки на данные поезда, а также соединить с высокоскоростными магистралями сортировочные станции большого кольца.

Еще одним преимуществом развития ВСМ является пропуск скоростных грузовых поездов как по строящимся, так и по существующим линиям за счет уменьшения количества обычных пассажирских поездов из-за пересадки пассажиров на высокоскоростные. Это позволит значительно увеличить грузопотоки и получить такие эффекты, как скорость доставки, регулярность сервиса и стабильность транзитного времени, соблюдение фиксированного расписания движения как по времени нахождения поезда в пути, так и по его прибытию на конечный пункт, использование конкурентоспособного тарифа по критерию «цена – срок доставки».

Для перевозки грузов на новых высокоскоростных линиях должен быть создан специальный подвижной состав и разработана новая технология по формированию и обработке этих вагонов в пунктах погрузки и выгрузки. Не все грузы могут перевозиться с высокими скоростями: неэффективна перевозка малостоящих грузов, затратно использование таких линий для опасных легковоспламеняющихся и взрывчатых грузов.

При создании нового подвижного состава особое внимание необходимо уделять вагонам для перевозки мелких отправок и грузов в контейнерах, как в обычных, так и в рефрижираторных. Для перевозки мелких отправок вагоны должны иметь очертание пассажирских вагонов. Для погрузки и выгрузки грузов в вагонах необходимо будет иметь несколько раздвижных дверей с каждой стороны, а не по одной, как в существующих крытых вагонах. В случае перевозки контейнеров необходимо предусмотреть такого типа съемные «насадки» на контейнеры, которые обеспечивают большую обтекаемость и меньшее воздушное сопротивление.

Для грузовых перевозок по высокоскоростным магистралям требуется новая особая технология выполнения грузовых операций. В связи с тем, что новый подвижной состав для скоростного и для высокоскоростного движения будет иметь высокую стоимость, то значительные затраты времени на операции, связанные с подготовкой, погрузкой и формированием, неприемлемы. Поэтому необходимо разработать новую технологию обработки грузовых скоростных поездов.

Так как развитая сеть железнодорожных линий для высокоскоростного и скоростного движения отсутствует, то грузовые перевозки будут организованы маршрутами. В случае необходимости выгрузки с нескольких контейнеров или выгрузки одного «пакета» грузов предлагается не отцеплять эти вагоны от состава с выполнением маневров, а ставить весь состав к удлиненному грузовому фронту. Так как составы скоростных и высокоскоростных поездов

стных грузовых поездов будут иметь намного меньшую длину, чем составы обычных грузовых поездов, то на станциях погрузки-выгрузки необходимо предусмотреть возможность их приема и отправления непосредственно на погрузочно-выгрузочные пути, минуя приемоотправочные пути.

На станциях погрузки и выгрузки достаточно на первое время иметь по два погрузочно-выгрузочных пути для перевозимых грузов в крытом подвижном составе и для перевозимых грузов в контейнерах (рисунок 1).

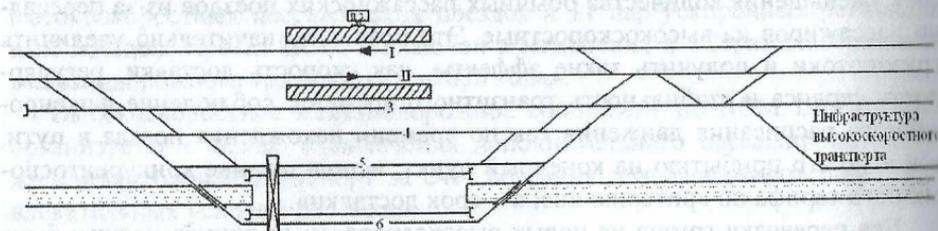


Рисунок 1 – Схема промежуточной станции для высокоскоростной линии с контейнерной площадкой

Вместо контейнерной площадки может быть крытый склад ангарного типа. Во время выполнения грузовых операций параллельно должны выполняться операции по техническому обслуживанию подвижного состава. Поэтому погрузочно-выгрузочные и приемо-отправочные пути должны быть оборудованы устройствами для технического обслуживания подвижного состава.

На подходах к крупным городам и железнодорожным узлам пассажирские устройства не устраиваются. Схема станции для выполнения грузовых операций имеет следующий вид (рисунок 2).



Рисунок 2 – Схема промежуточной станции для высокоскоростной линии крупным городом

Через определенные расстояния на высокоскоростных линиях необходимо предусмотреть путевое развитие и устройства для вывода поездов в случаях нештатных ситуаций. Если произойдет остановка поезда по техническим причинам на линии с обычным движением, то это не повлечет серьезных финансовых потерь. В случае задержки высокоскоростных поездов пассажиры будут требовать компенсаций.

На перспективу заложен пакетный график следования таких поездов с интервалами по 5–6 мин. Поэтому дополнительные задержки такого количества поездов могут привести к большим финансовым потерям.

Предложения по организации грузового движения на высокоскоростных магистралях требуют детальной проработки очень большого круга вопросов. В нашей стране с её необъятными просторами со временем однозначно будут ходить высокоскоростные грузовые поезда.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Киселев, И. П. Вокзалы высокоскоростных железнодорожных магистралей: традиции и новаторство / И. П. Киселев // Железнодорожный транспорт. – 2014. – № 4. – С. 71–77.

2 Высокоскоростные магистрали: шаги реализации // Железнодорожный транспорт. – 2013. – № 9. – С. 24–28.

Получено 22.09.2016.

ISBN 978-985-554-707-6. Проблемы перспективного развития железнодорожных станций и узлов. Гомель, 2017

УДК 656.212.5 : 004.9

М. А. ГОНЧАР

Белорусский государственный университет транспорта (БелГУТ)

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СТАНЦИОННЫХ ПУТЕЙ ЗА СЧЁТ ЭЛЕКТРОННОГО ДОКУМЕНТООБОРОТА НА БЕЛОРУССКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГЕ

Рассматривается проблема эффективности использования станционных путей на Белорусской железной дороге. Предлагается применение электронного документооборота с целью уменьшения простоя вагонов на станционных путях для предотвращения случаев сдерживания вагонопотока информационными системами обслуживания. Приводятся предварительные результаты экспертной оценки эффективности отдельных аспектов применения электронного документооборота для повышения качества использования станционных путей.

Путевое развитие Белорусской железной дороги с начала её истории формировалось с учётом экономических, социальных и политических факторов развития промышленности и сельского хозяйства на территории нынешней Республики Беларусь. Значимый период в формировании Белорусской железной дороги связан с разработкой генеральных схем развития основных железнодорожных станций и узлов под руководством д.т.н., про-

фессора Н. В. Правдина. Разработанные схемы охватывают взаимосвязанное и взаимозависимое развитие промышленности городов и пригородов на перспективу, что позволяет эффективно совершенствовать путевое развитие железнодорожных станций в железнодорожных узлах не только в условиях плановой экономики, но и в последние 25 лет.

После реформирования железнодорожного транспорта в Российской Федерации и Республике Казахстан, впоследствии повлиявшего на преобразование железнодорожного транспорта общего пользования в Республике Беларусь, эффективность использования станционных путей и путей необщего пользования снизилась по следующим причинам:

- увеличился парк собственных вагонов у клиентов;
- появились передаточные станции между железными дорогами стран СНГ с пограничными пунктами и пунктами таможенного оформления;
- увеличился поток информации в связи с усложнением технологии перевозочного процесса в условиях эксплуатации вагонов грузоотправителей и грузополучателей, а также вследствие специфики работы передаточных станций и пунктов таможенного оформления.

Вышеперечисленные обстоятельства привели к увеличению простоя вагонов на станционных путях и путях необщего пользования и, как следствие, к снижению эффективности их использования. Как известно, интенсификация использования станционного путевого развития обеспечивается за счёт сокращения времени занятия путей вагонами под технологическими операциями и межоперационными простоями, обусловленными занятостью станционных устройств и обслуживающего персонала, а также обработкой информации и оформлением документов. Для ликвидации случаев сдерживания информационным потоком продвижения вагонопотока, а также влияния длительности оформления документов и обработки информации на простой вагона на станции и общи оборот вагона необходимо проведение мероприятий по совершенствованию существующей системы документооборота на станции и в целом на Белорусской железной дороге.

Применение электронных юридических значимых документов позволяет перевести ряд технологических процессов на принципиально новый уровень. В частности, подпись электронных документов посредством электронно-цифрового аналога подтверждает степень их правомочности и юридической силы, как и письменное удостоверение на бумажных аналогах.

Использование электронного документооборота и электронной цифровой подписи регламентировано Законом Республики Беларусь № 113-З «Об электронном документе и электронной цифровой подписи» от 28 декабря 2009 г. На Белорусской железной дороге приняты необходимые нормативные документы для организации и обеспечения грузовых перевозок по безбумажной технологии. С сопредельными железными дорогами заключены или находятся в стадии проработки соответствующие соглашения, регла-

ментирующие организацию перевозок с использованием электронных документов.

Для практической реализации электронного оформления и сопровождения перевозок грузов с использованием электронной цифровой подписи с I квартала 2015 года действует АС «Электронная перевозка». Система направлена на автоматизацию операций по планированию, оформлению перевозочных и иных документов, выполняемых грузоотправителями и грузополучателями во взаимодействии с автоматизированными системами Белорусской железной дороги по принципу «АСУ клиента – АСУ Белорусской железной дороги». В дальнейшем система позволит перевести все формы грузовой и коммерческой отчётности в электронную форму.

На Российских железных дорогах в условиях функционирования системы фирменного транспортного обслуживания клиентуры автоматизация оформления в реальном времени документов на грузовые перевозки реализуется посредством системы ЭТРАН. По опыту Российских железных дорог использование данной системы позволяет в полном объёме задействовать идеологию безбумажной технологии в организации перевозок на основе электронного документооборота.

Всесторонний анализ аспектов применения АС «Электронная перевозка» позволяет систематизировать факторы, которые впоследствии окажут влияние на общую продолжительность времени, затрачиваемого на обработку станционной и коммерческой отчётности:

- мгновенное получение документа в электронной форме без ожидания доставки бумажного аналога;
- формирование достоверной информации из одного источника без необходимости сверки информации бумажной и электронной копий;
- возможность предварительного получения документов и подготовка их к оформлению;
- автоматизированная передача данных между системами, что предотвращает дублирование информации и её повторный ручной ввод.

Эффективное применение электронного документооборота с целью уменьшения простоя вагонов на станционных путях может быть реализовано для отдельных этапов технологии обработки документов грузовой и коммерческой отчётности в Станционных технологических центрах (СТЦ), товарных конторах и конторах передачи при взаимодействии с декларантами и пунктами таможенного оформления. Простейшим способом выявления узких мест сдерживания вагонопотока документальным потоком является анализ технологических графиков обработки вагонов для каждого элемента станции с учётом производимых технологических и коммерческих операций, а также операций по обработке документов. Таким образом, можно приближенно рассчитать эффект от применения электронного документооборота исходя из нормативных продолжительностей операций до использования электронного документооборота и после.

В результате анализа графиков обработки поездов СТЦ и конторой передачи выявлено, что при параллельной работе по коммерческому и техническому осмотру состава и оформлению документов выявлены случаи большей продолжительности оформления документов по сравнению с подготовкой и обработкой состава поезда. Например, большое количество групповых отправок сокращает продолжительность оформления документов, а мелкие и повагонные отправки увеличивают время оформления. Поэтому применение электронных документов позволит снизить вероятность задержки вагонопотока информационным потоком. По предварительным оценкам применение электронного документооборота с использованием функционала АС «Электронная перевозка» позволит ускорить процесс обработки документов конторой передачи и СТЦ на 30–40 %.

На основании статистических данных за 2015 год и методом экспертной оценки установлено, что применение функционала АС «Электронная перевозка» и электронных документов позволяет сократить время обработки документов товарными кассирами от 10 до 40 % по всем видам сообщения, в результате чего достигается экономия от 1043589 до 4174354 тыс. BYR.

Взаимодействие работников станции, декларантов и работников пункта таможенного оформления осуществляется по традиционной технологии с применением бумажных транспортных накладных и сопроводительных документов. В то же время при взаимодействии декларантов и работников пунктов таможенного оформления осуществляется электронный документооборот деклараций, заверенных электронно-цифровой подписью.

Практика взаимодействия декларантов и работников пункта таможенного оформления посредством электронных документов свидетельствует о возможности организации безбумажной технологии работы станции и пунктов таможенного оформления. При внесении соответствующих изменений в нормативно-правовые акты и организации безбумажной технологии по предварительным оценкам можно сократить время продолжительности простоя вагонов в зоне таможенного контроля на 15 %. Таким образом, вышеперечисленные изменения в технологии позволят сократить время простоя вагонов на станциях и ускорить оборот грузового вагона.

Сокращению оборота грузового вагона будет также способствовать внедрение АС «Электронная перевозка» и уменьшение времени на начальном и конечном фазах перевозочного процесса за счет эффективного информационного обслуживания клиентов, электронного составления и оформления перевозочных документов, взыскания провозных платежей и плат за оказываемые услуги, оптимизации других операций. Экономия от ускорения оборота грузового вагона после оценки влияния мероприятий на величину оборота вагона определяется по формуле

$$E_3 = 24 (\Theta^1 - \Theta^2) I_2 e_{\text{Ваг/ч}} \quad (1)$$

где Θ^1, Θ^2 – оборот вагонов соответственно в отчетном периоде и в условиях внедрения электронного документооборота, сут.; $e_{\text{ваг/ч}}$ – стоимость 1 ваг. ч; I_2 – работа парка грузовых вагонов с учетом применения электронного документооборота, ваг.,

$$I_2 = I_1 (1 + \alpha_{\text{эл}}); \quad (2)$$

I_1 – работа парка грузовых вагонов в отчетном периоде, ваг.; $\alpha_{\text{эл}}$ – доля экономии времени оборота вагонов, обусловленная внедрением электронного документооборота.

Таким образом, выполненный анализ оценки эффективности внедрения электронного документооборота для интенсификации использования путевого развития указывает на особую важность для практики данной технологии и требует более детального изучения с оценкой надёжности функционирования информационных систем при использовании электронных документов. Рассмотренные меры не являются исчерпывающим перечнем возможных направлений совершенствования технологии оформления документов. Однако уменьшение общего оборота грузового вагона и сокращение простоя вагонов на станции существенным образом повлияет на использование путевого развития станций за счёт применения электронного документооборота. В результате внедрения электронного документооборота на Белорусской железной дороге рационально распределится продолжительность нахождения вагонов грузоотправителей и грузополучателей на станционных путях общего пользования с сокращением продолжительности доставки грузов за счёт уменьшения простоя вагонов на путях станции под технологическими операциями.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Бородин, А. Ф. Рациональное соотношение вместимости путей станций и вагонных парков с учётом увеличения доли частных вагонов / А. Ф. Бородин, Е. А. Сотников // Железнодорожный транспорт. – 2015. – № 2. – С. 22–27.
- 2 Лемешко, В. Г. Инновационные технологии на железнодорожном транспорте (теория, практика, перспективы) / В. Г. Лемешко, И. Н. Шапкин. – М. : ВИНТИ РАН, 2012. – 446 с.
- 3 Правдин, Н. В. Основы автоматизации проектирования железнодорожных станций : [Монография] / под общ. ред. Н. В. Правдина. – М. : Маршрут, 2004. – 400 с.
- 4 Правдин, Н. В. Взаимодействие различных видов транспорта: (примеры и расчёты) / Н. В. Правдин, В. Я. Негрей, В. А. Подкопаев ; под ред. Н. В. Правдина. – М. : Транспорт, 1989. – 208 с.
- 5 Разработка технологии работы железнодорожного транспорта общего пользования Республики Беларусь в условиях применения электронных юридически значимых документов : Отчёт о НИР № 9558 / Белорус. гос. ун-т трансп. ; рук. Еловой И. А.; исполн. : Колос М. М. [и др.]. – Гомель, 2016. – 282 с.

Научное издание

ПРОБЛЕМЫ ПЕРСПЕКТИВНОГО РАЗВИТИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ СТАНЦИЙ И УЗЛОВ

Международный сборник научных статей

Редактор **И. И. Эвентов**

Технический редактор **В. Н. Кучерова**

Подписано в печать 26.12.2017 Формат 60×84 1/16.
Бумага офсетная. Гарнитура Таймс. Печать на ризографе.
Усл. печ. л. 8,84. Уч.-изд. л. 10,12. Тираж 100 экз.
Зак. № 12. Изд. № 56.

Издатель и полиграфическое исполнение:

Белорусский государственный университет транспорта.

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий

№ 1 / 361 от 13.06.2014.

№ 2 / 104 от 01.04.2014.

№ 3 / 1583 от 14.11.2017.

Ул. Кирова, 34, 246653, г. Гомель

591741