



ЖЕЛЕЗНЫЕ ДОРОГИ МИРА

ISSN 0321 – 1495

2 2021

Rail International/Schienen der Welt
Русское издание · Russian Edition

www.zdmira.com



60
лет

Обзор проектов строительства рельсовых систем
в 2021 году

DB: уроки пандемии и перспективы развития

Автоматическое опробование тормозов и цифровизация
в сфере грузовых перевозок

Тяговые аккумуляторы для рельсового
транспорта

НОВОСТИ

В 2020 году «Трансмашхолдинг» отправил в Казахстан 100 комплектов пассажирских вагонов

С Тверского вагоностроительного завода (ТВЗ, входит в состав АО «Трансмашхолдинг») в адрес ТОО «Вагоностроительный завод «Тұлпар» (Казахстан) отправлена заключительная партия из 50 комплектов пассажирских вагонов локомотивной тяги (42 некупейных и 8 купейных). Их финальная сборка будет осуществлена на производственных площадях завода «Тұлпар». Таким образом, общее число отправленных в 2020 г. вагонокомплектов составило 100 ед. (первые 50 ед. были поставлены в Казахстан летом).

Пассажирские вагоны, срок эксплуатации которых составляет не менее 40 лет, рассчитаны на движение со скоростью до 160 км/ч. Они изготовлены из безопасных материалов, оборудованы датчиками противопожарной системы, установкой пожаротушения, системой сбора и передачи диагностической информации, а также поездной и вагонной магистралью системы контроля, диагностики и управления (СКДУ).

Подвижной состав оснащен всем необходимым для комфортной поездки: кондиционерами, экологически чистыми туалетами, Wi-Fi-роутерами, USB-розетками. В системах вентиляции используются современные установки обеззараживания, которые

очищают воздух от бактерий и вирусов с помощью амальгамных бактерицидных ультрафиолетовых ламп высокой мощности, аналогичных тем, что используют в медицинских учреждениях. Каждая установка может обеззараживать до 2500 м³/ч. Устройства прошли полный цикл испытаний во Всероссийском НИИ железнодорожной гигиены Роспотребнадзора (ВНИИЖГ).

Вагоны хорошо зарекомендовали себя при эксплуатации не только в России, но и в других странах СНГ. Всего с начала 2019 г. ТВЗ изготовлено и отправлено в адрес завода «Тұлпар» более 200 вагонокомплектов.

Белорусская железная дорога наращивает парк китайских электровозов

Белорусская железная дорога (БЧ) 29 декабря 2020 г. заключила с китайской корпорацией China National Electric Import & Export (CUEC) и компанией CRRC Datong контракт стоимостью 64,3 млн евро на поставку 15 односекционных электровозов переменного тока серии БКГ2. Поставить электровозы запланировано до конца 2023 г.

Электровоз БКГ2 является усовершенствованной версией локомотива серии БКГ1, который создан на базе китайского электровоза HXD2 с учетом требований Белорусской железной дороги. Электровоз HXD2 разработан китайскими специалистами совместно с компанией Alstom на платформе Prima

47000 и рассчитан на вождение как грузовых, так и пассажирских поездов. В течение 10 лет БЧ закуплено 30 электровозов обеих серий.

Этот контракт — не первый опыт сотрудничества БЧ с корпорацией CUEC. Совместно с китайскими специалистами электрифицированы линии Гомель — Жлобин — Осиповичи, Молодечно — Гудогай — граница с Литвой и продолжаются работы по электрификации участка Жлобин — Калинковичи — Барбаров.

С Забайкальской железной дороги организованы регулярные перевозки угля в Китай контейнерными поездами

ОАО «РЖД» организовало регулярную перевозку каменного угля в 20-футовых открытых контейнерах со станций Краснокаменск и Приаргунск Забайкальской железной дороги на экспорт в Китай через погранпереход Забайкальск — Маньчжурия. Всего отправлено 20 таких составов, перевезено 2,3 тыс. TEU (78,5 тыс. т угля). Поезд с максимальным на данный момент количеством контейнеров (128 ед.) был отправлен 13 января 2021 г. Использование таких контейнеров позволяет загружать насыпные грузы сверху, а также облегчает перевалку на пограничных станциях благодаря автоматизации процессов по перестановке контейнеров с одной платформы на другую.

Пассажирские вагоны для железных дорог Казахстана



Электровоз БКГ2 постройки CRRC





№2 февраль 2021 г.

Rail International/Schienen der Welt
Русское издание · Russian Edition

**ЖЕЛЕЗНЫЕ
ДОРОГИ
МИРА**

www.zdmira.com

2

СОДЕРЖАНИЕ



20

Новости

- 2 Китай демонстрирует инновационные высокоскоростные поезда • Египет подписал с компанией Siemens соглашение о создании сети высокоскоростных линий и поставке подвижного состава • Железные дороги Китая меняют приоритеты • Индия активно вводит в эксплуатацию выделенные грузовые коридоры • Stadler поставит на железные дороги Австрии пожарно-спасательные поезда • Во Франции прошли испытания первого локомотива в режиме автоведения поверх ETCS • На пригородной линии Дели — Мератх в Индии будет внедрена гибридная система ETCS уровня 3



37

Транспортная политика. Реформы

- 20 Обзор проектов строительства рельсовых систем в 2021 году
- 26 DB: уроки пандемии и перспективы развития
- 32 Франция открывает рынок пассажирских перевозок
- 37 Перспективы рынка грузовых железнодорожных перевозок Франции
- 42 Задачи оператора High Speed 1
- 44 SJ продолжит выполнение инвестиционных программ
- 46 Китай — развитие железных дорог как фактор урбанизации



48

Подвижной состав

- 48 Автоматическое опробование тормозов и цифровизация в сфере грузовых перевозок
- 53 Индия на пути к созданию поезда на водородном топливе
- 59 Тяговые аккумуляторы для рельсового транспорта
- 65 Тоннель под Финским заливом



Обложка

Снегоуборочный поезд на железной дороге в Шварцвальде (Германия, фото: DB)

Инфраструктура

- 71 Рекуперация на линиях постоянного тока железных дорог Испании
- 76 Применение дронов для инспекции мостов

Ежемесячный научно-технический журнал «Железные дороги мира»
Учредитель:
 ОАО «Российские железные дороги»
 Издаётся с января 1961 г.
Адрес редакции:
 117556, Москва, Болотниковская ул., д. 5, корп. 3, офис 2
Тел./факс: (499) 317-55-65.
E-mail: info@zdmira.com
 © «Железные дороги мира», 2021

Главный редактор
 А. Ю. Ефремов.
Заместитель главного редактора
 П. Г. Яковлев.
Ответственный секретарь
 Л. Л. Ковригина.
Редакторы отделов:
 О. А. Гужновская, Д. А. Шох.
Свидетельство о регистрации
 журнала «Железные дороги мира»
 ПИ № ФС77-21829 от 07.09.2005.

Рукописи, поступившие в редакцию без предварительного согласования, не возвращаются и не рецензируются. Мнения, содержащиеся в статьях журнала, могут не совпадать с позицией редакции.
Электронная версия журнала
 «Железные дороги мира»
 (в том числе архив статей с 2005 г.)
 доступна по адресу:
www.zdmira.com

Подписано к печати 28.01.2021.
 Формат 60×88 1/8.
 Офсетная печать.
 Заказ 21010. Тираж 1100 экз.
 Уч. печ. л. 10. Уч.-изд. л. 13,89.
 Цена свободная.

Отпечатано в ЗАО «Алгоритм +».
 420044, Казань, пр. Ямашева, д. 36.
 Тел.: (843) 521-49-67.
 E-mail: npovtl_ot@mail.ru



Фото: Xinhua

Китай демонстрирует инновационные высокоскоростные поезда

В конце декабря 2020 г. и в первых числах января 2021 г. в Китае было представлено несколько новинок, в том числе первый в мире грузовой электропоезд, рассчитанный на скорость 350 км/ч, высокоскоростной экспресс для сурового климата и прототип головного вагона поезда на магнитном подвесе, спроектированный в расчете на скорость 620 км/ч.

Высокоскоростной грузовой электропоезд был продемонстрирован на заводе корпорации CRRC в Таншане (провинция Хэбэй). В вагонах поезда предусмотрены двери шириной 2,9 м для ускорения погрузки и выгрузки. Конструкция поезда допускает использование его полезного объема на 85%. Грузы будут перевозиться поездом в специальных контейнерах, которые при погрузке и выгрузке автоматически перемещаются по направляющим в кузове.

Спустя несколько дней стало известно о вводе в эксплуатацию нового высокоскоростного электропоезда



Фото: Xinhua

Высокоскоростной грузовой поезд на заводе в Таншане

CR400AF-G семейства Fuxing, который способен работать при температуре ниже -40°C и предназначен для использования на маршрутах, связывающих Пекин с Шэньяном и Харбином — крупнейшими городами на северо-востоке страны. Вместимость поезда составляет 1080 чел., скорость движения — до 350 км/ч.



Фото: China Daily

Высокоскоростной поезд CR400AF-G

Для эксплуатации в условиях экстремально низких температур в поезде применяются специальная тормозная система, которая для предотвращения замерзания периодически срабатывает при простое поезда, а также электрический подогрев трубопроводов с чистой водой и стоками.

После ввода в эксплуатацию предусмотрено проводить обследование поезда CR400AF-G в депо каждые 48 ч. Длительность этой процедуры с участием пяти инспекторов может достигать 5 ч.

CR400AF-G — это уже второй китайский высокоскоростной поезд, сконструированный в расчете на суровые зимние условия. Подобные экспрессы другой серии курсируют между Пекином и городом Чжанцзякоу, расположенным к северо-западу от столицы, и в сообщении Пекин — экономическая зона Xiongan New Area в провинции Хэбэй (юго-восточное направление).

Наконец, в начале января 2021 г. в городе Чэнду (провинция Сычуань) был представлен головной вагон прототипа поезда с конструкционной скоростью 620 км/ч. В системе магнитного подвеса используется технология высокотемпературной сверхпроводимости (испытания подобного поезда проходят также в Японии, подробнее об этой технологии см. «ЖДМ», 2014, № 3, с. 30 – 35). В проект инвестировано 60 млн юаней (9,3 млн долл. США), его участниками являются расположенный в Чэнду Юго-западный университет Цзяотун, железные дороги Китая (CR) и CRRC. Новый поезд на магнитном подвесе рассчитан на работу в автоматическом режиме. Одновременно с презентацией головного вагона длиной 21 м был открыт 165-метровый опытный участок, на котором будут тестировать прототип нового поезда.

В мае 2020 г. в Китае был продемонстрирован другой прототип поезда на магнитном подвесе, который рассчитан на скорость 600 км/ч, а в 2021 г. планируют завершить строительство опытного участка длиной 5 км для испытаний этого поезда.

Презентация прототипа высокоскоростного поезда на магнитном подвесе в Чэнду



Фото: Xinhua

Китайские компании займутся восстановлением грузовых железных дорог в Аргентине и поставят в эту страну новые электропоезда

Правительство Аргентины подписало четыре контракта общей стоимостью 4,7 млрд евро с китайскими корпорациями China Railway Construction (CRCC), China Machinery Engineering (CMEC) и CRRC на проведение работ по модернизации грузовых железных дорог и поставку нового подвижного состава. Часть работ выполнит китайская компания Yutong.

Сотрудничество с китайскими партнерами нацелено на расширение экспортных поставок аргентинской сельхозпродукции, улучшение транспортной доступности регионов, увеличение занятости, а также на снижение логистических расходов и уменьшение негативного воздействия транспорта на окружающую среду.

В рамках первого соглашения компания CRCC инвестирует 2,6 млрд долл. США в обновление грузовой линии San Martín протяженностью 1813 км. Проходящая по территории провинций Буэнос-Айрес, Санта-Фе, Сан-Луис, Кордова и Мендоса линия San Martín свяжет западные сельскохозяйственные районы страны с восточными портами Росарио и Буэнос-Айрес. Ранее, в октябре 2019 г., была завершена модернизация на одном из участков этой линии длиной 127 км между станциями Кабрел и Ретиро (район Буэнос-Айреса).

Компания CMEC займется восстановлением линии Belgranoargas длиной 911 км, проходящей через провинции Жужуй, Сальта, Тукуман, Кордова, Сан-Луис, Санта-Фе, Буэнос-Айрес и Катамарка. CMEC вложит в реализацию проекта 816 млн долл. США, из которых 65% пойдет на строительные работы и 35% – на закупку подвижного состава и другого оборудования.

CMEC также проведет работы, оцениваемые в 784 млн долл. США, по модернизации проходящей в южной части страны линии Norpatagonico протяженностью 660 км, включая строительство нового участка длиной 80 км до станции Аньело, а также замену стрелочных переводов и реконструкцию депо. В рамках этого проекта планируется обновить путь между станциями Баия-Бланка и Контральмиранте Кордеро. Основной целью работ на линии Norpatagonico является развитие месторождения сланцевого газа Вака Муэрта, что должно способствовать экономическому росту провинций Буэнос-Айрес, Ла-Пампа, Рио-Негро и Неукен.

Соглашение стоимостью 490 млн долл. США заключено также с компанией CRRC International на поставку 211 электропоездов, которые заменят подвижной состав на дизельной тяге на линиях в Буэнос-Айресе и 13 других провинциях. В том числе 111 электропоездов поставят для пригородной линии Belgrano South, 45 – для пригородного сообщения Sarmiento и 20 вместе с запчастями – для туристического маршрута Tren de la Costa. Еще 90 дизель-поездов вместе с запчастями закупят для региональных и местных линий.

В 2018 г. китайские компании уже подписали ряд соглашений о модернизации железных дорог в Аргентине и поставке электропоездов для Буэнос-Айреса.

Совместное предприятие Bombardier заключило с CR контракты на поставку и обслуживание высокоскоростных поездов

Совместное предприятие Bombardier Sifang (Qingdao) Transportation (BST) заключило с железными дорогами Китая (CR) уже второй за последние два месяца контракт, предусматривающий поставку двух восьмивагонных высокоскоростных поездов CR400AF семейства Fuxing. Стоимость контракта составляет 297 млн юаней (46 млн долл. США), оба поезда будут переданы CR в конце июня 2021 г. Первый контракт на поставку поездов семейства Fuxing, рассчитанных на скорость движения до 350 км/ч, был подписан между BST и CR в 2018 г. С тех пор железным дорогам Китая передано 448 вагонов для поездов серий CR400AF и CR400AF-A.

Высокоскоростной поезд CR400AF постройки BST



В ноябре 2020 г. CR заказали BST 112 вагонов для поездов серии CR300AF, эксплуатируемых со скоростью движения до 250 км/ч.

В январе 2021 г. BST и CR подписали также контракт на техническое обслуживание 32 высокоскоростных поездов (280 вагонов). Все эти вагоны построены BST – совместным предприятием Bombardier Transportation и китайской компании CRRC Sifang Rolling Stock с долями 50:50.

Согласно контракту стоимостью 1,24 млрд юаней (около 191,3 млн долл. США), компания BST обеспечит ремонт разных уровней поездов серий CRH1A-A, CRH1A, CRH1E и CRH380D, работы должны быть завершены до конца 2021 г.

За последние 2 года BST провела техническое обслуживание более чем 1200 вагонов высокоскоростных поездов. Так, в январе 2020 г. между CR и BST был заключен контракт на техническое обслуживание и ремонт 656 вагонов, из которых сформирован 71 высокоскоростной электропоезд.

В Афганистане открыт приграничный с Туркменистаном участок железной дороги, входящий в международный коридор

Участок длиной 24 км колеи 1520 мм между станцией Акина на границе Афганистана с Туркменистаном и афганским городом Анд-

хой введен в эксплуатацию 14 января 2021 г. Со станции Акина в Андхой отправился поезд, состоящий из 20 грузовых вагонов и цистерн с экспортной продукцией для Туркменистана. В торжественной церемонии посредством телемоста приняли участие президент Афганистана Ашраф Гани и президент Туркменистана Гурбангулы Бердымухамедов.

Участок, который также включает подъездной путь длиной 6 км в Андхое, является продлением линии протяженностью 88 км от туркменского города Керки до погранперехода между Туркменией и Афганистаном Имамназар – Акина, строительство которой было завершено в октябре 2016 г.

Строительство участка Акина – Андхой последовало после подписания 21 февраля 2019 г. протокола о намерениях между правительствами Афганистана и Туркменистана, а также заключения в сентябре того же года межгосударственного соглашения.

Проектирование, строительство, финансирование и контроль за ходом проведения работ осуществлялись туркменской стороной.

Наряду с железнодорожным участком также 14 января 2021 г. были введены в строй международная волоконно-оптическая система связи и линия электропере-

Первый поезд на участке, соединяющем Афганистан с Туркменистаном



дачи от туркменского города Керки до афганского Шибаргана. Президент Туркменистана анонсировал планы по строительству линии протяженностью 173 км между пограничным городом Тургунди в афганской провинции Герат и одноименной столицей этой провинции.

Еще одним важным проектом, который реализуется в Афганистане, является создание железной дороги длиной 193 км, соединяющей иранский город Хаф с афганской провинцией Герат. Третий по счету ее участок был сдан в декабре 2020 г., а сейчас ведется строительство последнего, четвертого участка до индустриального парка в окрестностях Герата.

Строительство железной дороги между Пакистаном и Узбекистаном через Афганистан оценивается в 4,8 млрд долларов США

Официальные представители Пакистана и Узбекистана накануне нового, 2021 г. в Исламабаде обсудили возможности реализации проекта Trans Afghan Rail, предусматривающего установление железнодорожного сообщения между странами через Афганистан. В дальнейшем в проект могут быть вовлечены и другие страны Центральной Азии, такие как Таджикистан и Туркменистан.

В ходе встречи Пакистан присоединился к подписанному Узбекистаном и Афганистаном совместному обращению к главам ряда международных финансовых институтов по поводу поддержки проекта, стоимость которого оценивается на данный момент в 4,8 млрд долл. США.

Проект имеет огромное значение для экономического развития трех стран и будет способствовать дальнейшему укреплению региональных связей. В частности, Пакистан готов предоставить для центральноазиатских стран возможность выхода в Индийский океан

Египет подписал с компанией Siemens соглашение о создании сети высокоскоростных линий и поставке подвижного состава

Египетское национальное ведомство по тоннелям, подотчетное министерству транспорта страны, подписало с компанией Siemens Mobility соглашение о намерениях, которое предусматривает разработку концепции, строительство и ввод в эксплуатацию сети высокоскоростных линий общей протяженностью 1000 км. В церемонии участвовали премьер-министр Мустафа Мадбули (Mostafa Madbouly) и министр транспорта Египта Камель Аль-Вазир (Kamel Al Wazir).

В соответствии с соглашением в создании этой сети будут участвовать местные компании — Orascom Construction и предприятия, входящие в группу The Arab Contractors (Osman

Ahmed Osman & Co.). Кроме того, соглашение предусматривает поставку компанией Siemens Mobility высокоскоростных и региональных поездов, а также локомотивов, выполнение работ по системной интеграции, техническое обслуживание подвижного состава и других систем наряду с предоставлением иных услуг.

Первый проект, стоимость контракта с Siemens Mobility по которому составит около 3 млрд долл. США, охватывает строительство высокоскоростной линии длиной 460 км. Эта магистраль соединит египетские города Эль-Аламейн на средиземноморском побережье и Айн Сохна на побережье Суэцкого залива Красного моря.

В сентябре 2020 г. победителем тендера на строительство этой высокоскоростной железной дороги был объявлен египетско-китайский консорциум, причем назывались другие параметры проекта — протяженность трассы 543 км и стоимость строительства — 9 млрд долл. США. Компания Siemens Mobility также участвовала в этом тендере.

В декабре 2020 г. египетская пресса сообщала о переговорах премьер-министра Египта Мустафы Мадбули с топ-менеджерами Siemens, в ходе которых обсуждалось участие Siemens в ключевых транспортных проектах страны. Siemens поставляет железнодорожную технику в Египет с 1960-х годов.



Компьютерная графика: Siemens



Фото: Xinhua

Железные дороги Китая меняют приоритеты

Железные дороги Китая (CR) заявили, что в 2021 г. основное внимание будет направлено на повышение эффективности и доходности эксплуатации имеющейся сети, а не на ее расширение. По сообщению министерства финансов страны, более высокий приоритет получают вложения в сферах обеспечения занятости и социальной защиты населения, образования и здравоохранения, необходимые для преодоления последствий пандемии.

За последние 5 лет CR увеличили протяженность линий сети на 20,9%, до 146,3 тыс. км, а длина высокоскоростных магистралей почти удвоилась, составив 37,9 тыс. км. Однако, по сообщению издания South China Morning Post, масштабные инвестиции в наращивание сети железных дорог привели к росту долговых обязательств CR до 5,49 трлн

юаней (845,5 млрд долл. США), или до 65% стоимости активов.

Вложения в железнодорожное строительство в 2020 г. уже снизились до 781,9 млрд юаней (120,7 млрд долл. США), впервые с 2013 г. опустившись ниже уровня 800 млрд юаней. Планы по вводу в эксплуатацию в 2021 г. 3700 км линий по сравнению с 4933 км в 2020 г., меньшее число новых проектов и изменение государственных приоритетов инвестиционной политики предвещают сокращение вливаний в наращивание национальной железнодорожной сети и в будущем.

CR намерены в 2021 г. увеличить оборот, добиться роста доходов от перевозочной деятельности (до 1,18 трлн юаней по сравнению с 1,13 трлн в 2020 г.) за счет увеличения объема пассажирских перевозок до 3,1 млрд чел. и грузовых — до 3,7 млрд т.

Открыто движение по ВСМ Пекин — Сюньань

Высокоскоростная линия соединила китайскую столицу и расположенный в 100 км от нее новый район Сюньань, который в Китае называют городом будущего. Здесь будут курсировать беспилотные автомобили, внедряют и другие инновации — от сети 5G до искусственного интеллекта и экологически чистых технологий во всех сферах городского хозяйства. Планируется, что население района Сюньань составит 2,5 млн чел.

По новой магистрали длиной 91 км курсируют 17 пар поездов ежедневно. Их скорость на начальном этапе ограничена величиной 300 км/ч, время поездки между конечными пунктами составляет менее 50 мин, а от Сюньаня до международного аэропорта Пекин Дасин — 19 мин.

Для электроснабжения вокзала в Сюньане общей площадью более 475 тыс. м² используются солнечные батареи, вырабатывающие 5,8 кВт·ч электроэнергии в год. В нем работает сеть 5G, применяются средства периферийных вычислений, точного определения местоположения и навигации, а также другие технологические новшества. Над залом ожидания устроена прозрачная крыша, обеспечивающая естественное освещение.

На линии построен первый в мире шумозащитный тоннель длиной более 800 м.

В Китае одобрено строительство еще одной ВСМ и началась опытная эксплуатация двух высокоскоростных участков

Национальная комиссия по развитию и реформам Китая одобрила планы строительства новой высокоскоростной линии, которая свяжет в направлении восток — запад новый район Сюньань (городской округ Баодин, провинция Хэбэй) с городом Синьчжоу (провинция Шаньси). Стоимость строи-

через свои морские порты. Проект Trans Afghan Rail предполагает строительство железной дороги протяженностью 573 км от Пешавара до Кабула и далее через Мазари-Шариф в Узбекистан. Этот наиболее

короткий и экономически привлекательный для грузовых перевозок маршрут будет включать 27 станций. Предполагается также строительство 912 искусственных сооружений и 7 тоннелей.

тельства оценивается в 57,24 млрд юаней (8,86 млрд долл. США).

Линия протяженностью 342 км будет включать 12 станций и рассчитана на скорость 350 км/ч. Ежегодный пассажиропоток в каждом направлении составит 34 млн чел. ВСМ оборудуют системой управления движением поездов по радиоканалу CTCС-3. В основном трасса пройдет по поверхности земли с максимальным уклоном 20‰, за исключением тоннеля в новом районе Сюньань.

Строительные работы в течение 4,5 года выполнит компания Xiopgan High-speed Railway.

Этот проект частично, в объеме 12,25 млрд юаней, будет профинансирован корпорацией China Railways при дополнительном участии региональных и местных властей, в том числе вклад со стороны провинции Шаньси составит 5,81 млрд юаней, провинции Хэбэй – 5,24 млрд юаней. Недостающие средства будут привлечены за счет кредитов китайских банков.

Кроме того, началась опытная эксплуатация двух ВСМ: 8 янва-

ря 2021 г. – линии Сюйчжоу – Ляньюньган протяженностью 180 км в провинции Цзянсу и 7 января – линии Пекин – Чэндэ длиной 192 км. Открытие для коммерческой эксплуатации железной дороги Сюйчжоу – Ляньюньган, рассчитанной на скорость 350 км/ч, запланировано на февраль 2021 г., а ее строительство началось в июле 2017 г. С вводом в эксплуатацию время в пути между конечными пунктами сократится с двух до одного часа, а также будет обеспечено непрерывное высокоскоростное сообщение в коридоре протяженностью примерно 3500 км между провинцией Цзянсу и городским округом Урумчи в Синьцзян-Уйгурском автономном округе КНР.

Линия Пекин – Чэндэ входит в состав ВСМ Пекин – Харбин протяженностью 1700 км и также рассчитана на скорость 350 км/ч. С ее вводом в коммерческую эксплуатацию время в пути между китайской столицей и Харбином в северо-восточной провинции Хэйлунцзян сократится с 7 ч 45 мин до примерно 5 ч.

Строительство ВСМ Джакарта – Бандунг завершено почти на 64%

После проходки очередного тоннеля работы по строительству первой в Индонезии ВСМ Джакарта – Бандунг протяженностью 142,3 км оказались выполненными на 63,9%, несмотря на задержки, вызванные пандемией COVID-19.

Пятый по счету тоннель длиной 1,88 км под платной автомобильной дорогой Джакарта – Чикампек был завершен силами ведущего строительства ВСМ китайско-индонезийского совместного предприятия Kereta Cepat Indonesia China (KCIC). По оценке KCIC, объем выполненных работ по проходке тоннелей общей протяженностью 16 км (всего 13 тоннелей) на трассе ВСМ составил 74,94%. В то же время 80 км пути проходит по эстакадам.

Входящая в число национальных стратегических проектов высоко-

Строительство эстакады на ВСМ Джакарта – Бандунг



скоростная линия Джакарта – Бандунг (стоимость строительства оценивается в 6 млрд долл. США) рассчитана на скорость 350 км/ч и будет обслуживать четыре станции. После ее ввода в эксплуатацию время в пути между Джакартой и Бандунгом сократится с 3 ч по существующей линии колеи 1067 мм до 45 мин.

При проведении работ по сооружению ВСМ строители столкнулись с рядом трудностей. Так, строительство пришлось приостановить на две недели в связи с подтоплением автомобильной дороги Джакарта – Чикампек. Возникли также вопросы, связанные с землеотводом.

В июне 2020 г. правительство Индонезии признало экономически целесообразным продлить ВСМ Джакарта – Бандунг до второго по величине города страны Сурабая. Кроме того, при содействии Японского агентства международного сотрудничества (JICA) в сентябре 2019 г. было согласовано развертывание проекта второй линии Джакарта – Сурабая стоимостью 4,3 млрд долл. США.

В свою очередь, KCIC отодвинуло дату завершения строительства с июня 2021 г. на вторую половину того же года, что на два года позже ранее планируемого срока.

В ОАЭ начата укладка пути на линии порт Рувайс — Гвейфат

В торжественной обстановке дан старт началу работ по укладке верхнего строения пути в рамках пакета А второй очереди строительства национальной сети железных дорог, оператором которых является компания Etihad Rail. Пакет А стоимостью 1,5 млрд дирхам (408 млн долл. США) предусматривает сооружение двухпутной линии протяженностью 139 км от порта Рувайс до Гвейфата на границе с Саудовской Аравией.

Подрядчиком по пакету А является совместное предприятие, образованное китайской компанией China State Construction Engineering и южнокорейской SK Engineering & Construction. Строительные работы, начатые в 2020 г., выполнены на 59%, включая подготовку земляного полотна.

Учитывая стратегическую важность железных дорог для дальнейшего развития страны, руководство Etihad Rail уделяет большое внимание подготовке для компании квалифицированных кадров из числа жителей страны. В апреле

Старт началу работ по укладке пути на линии порт Рувайс — Гвейфат

2016 г. совместное предприятие Etihad Rail DB, созданное для управления и обслуживания первой очереди национальных железных дорог, подписало меморандум о взаимопонимании с Институтом профессионального образования Абу-Даби (ADVETI). Результатом сотрудничества стала реализация программы подготовки специалистов для железнодорожной отрасли с выдачей диплома ADVETI, отвечающего критериям Deutsche Bahn. В настоящее время обучение осуществляется по четырем управленческим и техническим профессиям. Первая группа студентов завершила обучение в 2020 г. и уже работает в компании Etihad Rail.

Из-за COVID-19 свернут проект строительства высокоскоростной линии между Куала-Лумпуром и Сингапуром

Правительства Малайзии и Сингапура объявили об отказе от реализации проекта строительства высокоскоростной железной дороги Куала-Лумпур – Сингапур. Первоначально строительство линии протяженностью 350 км планировалось завершить в 2026 г., однако в сентябре 2018 г. проект был приостановлен, когда новое на тот



Фото: Etihad Rail

момент правительство Малайзии запросило отсрочку на 2 года для корректировки сметы и сокращения расходов. В частности, предлагалось изменить объем работ по проекту, включая выбор трассы и станций.

В июне 2020 г. руководители обоих государств после предложения малайзийской стороны пересмотреть параметры проекта в связи с влиянием пандемии COVID-19 на экономику страны согласились продлить приостановку до конца 2020 г. Проходившие до конца года переговоры не привели к взаимоприемлемому результату, и проект пришлось свернуть.

В совместном заявлении обе стороны подтвердили свои обязательства по расторжению соглашения о создании ВСМ. При этом Министерство транспорта Сингапура ожидает, что правительство Малайзии компенсирует уже понесенные затраты, хотя точная сумма компенсации не называется.

В ноябре 2020 г. началось строительство трансграничной линии легкого метро длиной 4 км между столицей малайзийского штата Джохор — городом Джохор-Бару и Сингапуром, которое планируется завершить в 2026 г.

Китайская корпорация CRCC выиграла контракт на строительство участка ВСМ в Таиланде

Тем временем правительство Таиланда заключило контракт стоимостью 415 млн долл. США на строительство участка высокоскоростной магистрали Бангкок — Нонгкхай с двумя дочерними предприятиями китайской корпорации CRCC: China Railway 11 Bureau Group и China Railway 23 Bureau Group. Контракт предусматривает сооружение пути, мостов и станций на участке длиной 39,8 км. CRCC планирует задействовать в реализации проекта местные трудовые и материальные



Индия активно вводит в эксплуатацию выделенные грузовые коридоры

В конце декабря 2020 г. премьер-министр Индии Н. Моди по видеосвязи официально пустил в эксплуатацию участок Восточного выделенного грузового коридора (DFC) протяженностью 351 км между станциями Нью-Хурджа и Нью-Бейопер (штат Уттар-Прадеш) и дал сигнал к отправлению грузового поезда длиной 1500 м, ведомого электровозом серии WAG12 постройки Alstom.

Новый участок, строительство которого обошлось в 57,5 млрд индийских рупий, разгрузит действующий главный ход между Дели и Канпуром, ускорит продвижение грузов, привлечет местные промышленные предприятия к железнодорожным перевозкам. Максимальная скорость движения поездов в DFC составляет 100 км/ч по сравнению с 75 км/ч на железных дорогах Индии (IR), средняя — 70 км/ч против 26 км/ч на IR.

Одновременно был официально открыт диспетчерский центр в городе Праяградж, предназначенный для управления движением поездов на всем полигоне Восточного грузового коридора протяженностью 1856 км. Этот коридор, движение

по которому планируется открыть в 2022 г., соединит станции Сануол в штате Пенджаб и Данкуни в Западной Бенгалии, пройдя через штаты Уттар-Прадеш, Бихар, Харьяна и Джаркханд.

В начале 2021 г. Н. Моди по видеосвязи открыл участок Нью-Ревари — Нью-Мадар Западного грузового коридора протяженностью 306 км и отправил по маршруту Нью-Атели — Нью-Кишангарх на электротяге тяжеловесный контейнерный поезд длиной 1500 м с двухъярусной погрузкой контейнеров. На введенном участке построено девять грузовых станций, в том числе шесть промежуточных и три узловые. Он соединил Восточный и Западный коридоры.

DFCCIL — дочерняя компания IR, выполняющая функции заказчика строительства выделенных грузовых коридоров, планирует в течение ближайших месяцев завершить сооружение 1100 км новых линий. Кроме того, в 2021 – 2022 гг. планируется поэтапно открыть движение поездов на линии длиной 1504 км, связывающей Дели с портом имени Джавахарлала Неру около Мумбаи.

ресурсы, а также обеспечит техническую поддержку в отношении обслуживания, эксплуатации и управления линиями.

Контракт корпорации CRCC является частью этапа 1 строительства участка протяженностью 250 км от столицы Таиланда до северо-восточной провинции Накхонратчасима. Реализация этого этапа стоимостью 5,2 млрд долл. США началась в 2017 г. на участке длиной 3,5 км между двумя станциями в Бангкоке.

ВСМ Бангкок – Нонгкхай общей протяженностью 900 км обеспечит прямое железнодорожное сообщение между столицей Таиланда и границей с Лаосом, где она соединится со строящейся линией Китай – Лаос, открытие которой намечено на 2021 г. Когда оба проекта будут завершены, поезда пойдут со скоростью 250 км/ч между Бангкоком и Куньмином в китайской провинции Юньнань, способствуя развитию торговли, туризма и трансграничным инвестициям.

Проекты ВСМ в Чехии получили дальнейшее развитие

Ряд проектов ВСМ, которые формируют сеть высокоскоростных железных дорог в Чешской Республике, получили дальнейшее развитие. В их числе проекты линий в северном направлении до границы с Германией, в районе Праги и на юго-востоке страны.

В Министерстве транспорта Чехии одобрено ТЭО, выполненное специалистами оператора инфраструктуры железных дорог Чехии (Správa železnic), для будущей высокоскоростной линии протяженностью 125 км, которая свяжет Прагу с немецким Дрезденом.

Первый ее участок, который получил название Porta Bohemica, пройдет по долине реки Эльбы от Праги до города Литомержице. Участок обустроят для движения пассажирских поездов с максимальной скоростью 320 км/ч. Новую станцию планируют построить в районе города Роуднице-над-Лабем.

Участок между Литомержице и Усти-над-Лабем, пересекающий Центрально-Чешское нагорье, и еще один, от Усти-над-Лабем до немецкой границы, предназначены не только для пассажирского, но и для грузового движения, что позволит разгрузить существующие линии, проходящие вдоль Эльбы. Тоннель протяженностью около 18 км под Центрально-Чешским нагорьем рассчитан для движения с максимальной скоростью 250 км/ч, а тоннель под Рудными горами длиной 26 км (в том числе 11,7 км по территории Чехии) – со скоростью 200 км/ч.

Ввод в эксплуатацию ВСМ Прага – Дрезден позволит сократить время в пути между городами с нынешних 2 ч 12 мин до менее 1 ч.

Оператор Správa železnic выбрал чешско-французско-британ-

ский консорциум компаний Sudor Prague, Egis Rail и Mott MacDonald для подготовки документации, необходимой для строительства короткого высокоскоростного участка между станциями Прага-Беховице и Поржичаны, который сформирует часть ВСМ от Праги в юго-восточном направлении до Пардубице, Брно и Оставы. Кроме того, этот же участок войдет в состав планируемой ВСМ до Градец-Кралове и польского Вроцлава. В документации, помимо определения трассы, будет дана оценка воздействия на окружающую среду. С консорциумом заключен контракт стоимостью 186,4 млн крон (8,6 млн долл. США) на срок до середины 2022 г. Строительные работы планируется начать в 2025 г., а завершить в 2028 г.

Správa železnic также завершил проведение конкурса на разработку архитектурного проекта новой конечной станции будущей ВСМ в восточном пригороде Праги. В конкурсе с участием 21 претендента победил проект, созданный авторским дуэтом с участием Иржи Опоченского (Jiří Opocenský) и Штепана Валуха (Štěpán Valouch). Станция получила рабочее название Прага-Восточная.

ČD Cargo приступила ко второму этапу модернизации локомотивов

В связи с постепенным переводом сети электрифицированных железных дорог Чехии с постоянного на переменный ток оператор грузовых перевозок ČD Cargo запускает вторую очередь программы переоборудования электровозов постоянного тока серии 163 в двухсистемные серии 363. Победителем открытого конкурса на переоборудование 18 локомотивов стала компания Českomoravská železniční opravna.

Электровоз серии 163 оператора ČD Cargo



Одновременно реализуется программа оснащения локомотивов ČD Cargo европейской системой управления движением поездов ETCS. В период до декабря 2022 г. на 30 тепловозов серии 753.7 будет установлено бортовое оборудование ETCS уровня 2 компании Bombardier, соответствующее требованиям базовой версии 3. Контракт на модернизацию тепловозов стоимостью 12,9 млн евро получила компания CZ Loko. Работы софинансируются Евросоюзом в рамках программы Operational Programme Transport из расчета не более 6,75 млн чеш. крон (257 тыс. евро) на один локомотив (включая прототип).

В развитие транспортной инфраструктуры штата Нью-Йорк вложат 306 млрд долларов США

Губернатор штата Нью-Йорк Эндрю Куомо (Andrew Cuomo) 14 января 2021 г. представил план развития транспортной инфраструктуры, оцениваемый в 306 млрд долл. США, в который входят несколько проектов, относящихся к рельсовым системам.

Это — проект Empire Station Complex, включающий реконструкцию и расширение Пенсильванского вокзала, строительство автоматизированной транспортной системы AirTrain LaGuardia, второй этап работ по продлению линии метро Second Ave, а также сооружение третьего пути на участке пригородной железной дороги Long Island Rail Road (LIRR).

Проект Empire Station Complex стоимостью 16 млрд долл. США предусматривает реконструкцию Пенсильванского вокзала вслед за открытием 1 января 2021 г. зала Мойнихана, а также дальнейшее расширение станционной территории и строительство восьми дополнительных путей с пятью платформами с целью увеличения пропускной способности на 40%. В рамках проекта Gateway стоимостью



Stadler поставит на железные дороги Австрии пожарно-спасательные поезда

В конце декабря 2020 г. оператор инфраструктуры Федеральных железных дорог Австрии (ÖBB-Infrastruktur) и компания Stadler подписали рамочный договор на разработку, поставку, сертификацию и ввод в эксплуатацию до 20 пожарно-спасательных поездов на общую сумму 240 млн евро. Первый подтвержденный заказ на пять поездов стоимостью 60 млн евро должен быть выполнен к середине 2024 г. Поезда предназначены для работы в трех базисных тоннелях — Коралмском, Земмерингском и Бреннерском. Они заменят первое поколение таких поездов ÖBB и могут использоваться на всей сети железных дорог страны.

Новые поезда длиной около 66,5 м спроектированы в трехвагонном исполнении и включают пасса-

жирский моторный вагон, моторный низкопольный вагон с кабиной управления и вагон с цистерной емкостью 45 тыс. л, где также есть места для сидения 56 чел. При необходимости, например в случае эвакуации пассажиров с мест аварии, в поезде можно разместить до 300 чел. Трехсистемные поезда получают питание от контактной сети, аккумуляторных батарей или дизель-генераторной установки и рассчитаны на движение со скоростью до 160 км/ч.

Stadler полагает, что ее многолетний опыт в области создания железнодорожной техники по индивидуальным заказам с различными видами привода поможет изготовить эти технически сложные поезда, и рассматривает готовность к выполнению таких заказов как свое уникальное преимущество.

30 млрд долл., нацеленного на улучшение работы Северо-восточного коридора (NEC) в штатах Нью-Йорк и Нью-Джерси, предлагается строительство двух новых тоннелей под рекой Гудзон, а также реконструкция двух существующих.

Впервые проект Empire Station Complex был представлен в 2016 г. в составе программы перепланировки района Мидтаун-Вест стоимостью 51 млрд долл. Штат готов разделить финансирование этого проекта с операторами New Jersey



В Марокко построят две новые ВСМ стоимостью 10 млрд долларов США

Строительство двух высокоскоростных линий в юго-западной части Марокко обойдется в 90 млрд марок. дирхам (10 млрд долл. США). Стоимость проекта ВСМ Кенитра — Марракеш оценивается в 40 млрд дирхам, а ВСМ Марракеш — Агадир — в 50 млрд дирхам.

В настоящее время готовится технико-экономическое обоснование по проектам новых ВСМ, а далее конкретные работы начнутся в зоне прохождения будущей высокоскоростной линии Марракеш — Агадир.

В ноябре 2018 г. с открытием нового участка Танжер — Кенитра длиной 183 км в Марокко появилась первая в Африке высокоскоростная магистраль Al-Buraq, связывающая Касабланку и Танжер. В рамках проекта была также проведена модернизация участка Кенитра — Рабат.

По официальным данным, пассажиропоток на железных дорогах Марокко с 1 января по 20 мар-

та 2020 г., т.е. в докоронавирусный период, к предыдущему году вырос на 11%, а на ВСМ Al-Buraq за тот же промежуток времени — на 28%.

В то время как пассажирские перевозки на целом ряде маршрутов во время пандемии были приостановлены, доходы железных дорог страны сократились по сравнению с 2019 г. только на 30%, и во многом благодаря тому, что на всей сети продолжались грузовые перевозки, были также предприняты меры по сокращению издержек.

В бюджете железных дорог Марокко на 2021 г. доходная часть планируется в объеме 3,1 млрд дирхам, а инвестиции составят 2,7 млрд дирхам. При этом основное внимание в рамках восстановления железнодорожного сектора будет уделено таким направлениям, как цифровая трансформация и поддержка основных отраслей промышленности страны.

порту для пассажиров железной дороги Long Island Rail Road (LIRR) и линии 7 метро.

В планах штата также второй этап строительства продления длиной 2,4 км линии метро Second Avenue стоимостью 6 млрд долл. Первая очередь продления длиной 3,2 км открылась в январе 2017 г. В связи с пандемией COVID-19 проект нуждается в финансовой поддержке со стороны федеральных властей.

Работы по сооружению третьего пути на пригородной железной дороге Long Island Rail Road на участке длиной 15,8 км между станциями Флорал Парк и Хиксвилль оцениваются в 2,6 млрд долл. Проект включает строительство нового депо, реконструкцию существующих станций и мостов, строительство новых мостов, обновление путевой инфраструктуры и системы сигнализации. Транспортная администрация Нью-Йорка (MTA) намерена ликвидировать до конца 2021 г. восемь одноуровневых пересечений, шесть из них заменят подземными переходами.

Первый грузовой поезд из Турции прибыл в Сиань на северо-западе Китая

Первый грузовой поезд, отправившийся из Стамбула 4 декабря 2020 г., прибыл в Сиань, столицу провинции Шэньси, 23 декабря. В адрес компании — производителя бытовой техники BSH Hausgerate (BSH) поступили 1383 контейнера с контролируемым температурным режимом, в которых находился груз стоимостью 10,4 млн юаней (около 1,59 млн долл. США). Поезд прошел расстояние 8693 км.

Это событие ознаменовало восстановление исторических связей между двумя странами. Организация железнодорожного сообщения в условиях пандемии играет решающую роль в стабилизации работы международных логистических цепочек поставок. За 11 мес 2020 г. в

Transit (NJT) и Amtrak, а также с федеральным правительством.

В 2021 г. продолжатся работы по сооружению автоматизированной транспортной системы AirTrain LaGuardia длиной 2,4 км. Их стои-

мость оценивается в 2 млрд долл. AirTrain LaGuardia свяжет аэропорт Ла Гуардия со станцией Метс-Виллетс-Пойнт, которая станет крупным транспортным узлом, обеспечивающим удобный доступ к аэро-

сообщении Сианя с городами Европы прошло 3400 грузовых поездов, что вдвое больше, чем за аналогичный период 2019 г.

Оператор Metra (США) закупит у Alstom до 500 пассажирских вагонов за 1,8 млрд долларов

Совет директоров компании Metra – оператора пригородных пассажирских перевозок в Большом Чикаго одобрил закупку до 500 современных двухэтажных вагонов постройки Alstom Transportation. Это первое существенное приобретение компанией пассажирских вагонов за последние 20 лет. Техническое состояние примерно 40 % вагонов эксплуатируемого парка, насчитывающего 840 ед., оценивается как неудовлетворительное, хотя и не угрожающее безопасности движения. Решение о закупке нового подвижного состава принималось прежде всего по экономическим критериям, в том числе с учетом сокращения эксплуатационных расходов.

Новые вагоны будут иметь по две двери с каждой стороны с разницей высот между полом вагона и платформой в одну ступеньку по сравнению с несколькими в эксплуатируемых вагонах, что позволит оптимально организовать потоки пассажиров и сократить время на посадку и высадку. Для пассажиров в инвалидных колясках предусмотрены подъемники.

При проектировании внутреннего оснащения вагонов учтены результаты проведенного в 2019 г. маркетингового исследования. В частности, предусмотрена установка видеомониторов, стоек для велосипедов, полок для багажа, зарядных розеток, подлокотников сидений и др. Система вентиляции и кондиционирования оборудуется фильтрами, снижающими содержание аллергенов, вирусов и загрязнений.

Новые вагоны с кузовами из нержавеющей стали будут иметь со-



Компьютерная графика, источник: Metra

Дизайн будущих пассажирских вагонов для оператора Metra

вместимые с эксплуатируемым подвижным составом сцепные устройства, благодаря чему можно формировать поезда из старых и новых вагонов. Новый подвижной состав оснащается тормозной системой с микропроцессорным управлением, электроприводом дверей и видеонаблюдением.

На первом этапе Metra заказывает 200 вагонов с опцией дополнительной закупки еще до 300 единиц

Первый поезд ETR 470 Pendolino приступит к работе в Греции в марте 2021 г.



при общей стоимости контракта до 1,8 млрд долл. США. Подвижной состав, представляющий кастомизированную версию Coradia Duplex, будет построен на заводе Alstom в городе Хорнелл штата Нью-Йорк.

Первый модернизированный скоростной поезд Pendolino уже в Греции

Первый электропоезд серии ETR 470 Pendolino, оборудованный системой наклона кузовов вагонов в кривых и рассчитанный на скорость движения до 200 км/ч, прибыл в Грецию из Италии, где он подвергся корректирующему ремонту и модернизации на заводе компа-

нии Alstom в Савильяно. На поезде установили тяговое оборудование для работы от сети переменного тока напряжением 25 кВ и частотой 50 Гц, а также европейскую систему управления движением поездов ETCS уровня 1. В ходе модернизации поезд оснастили также новой системой информирования пассажиров и сетью Wi-Fi.

В 2020 г. TrainOSE – оператор пассажирских перевозок на железных дорогах Греции подписал с Alstom два контракта, которые предусматривают модернизацию пяти таких поездов и депо для их обслуживания в городе Салоники. Поезда будут курсировать по первому в стране скоростному маршруту Афины – Салоники.

Двухсистемные поезда серии ETR 470 были построены компанией Fiat Ferroviaria (ныне входит в состав Alstom) в 1990-х годах и использовались для международных перевозок между Италией и Швейцарией. После того как в 2017 г. железные дороги Италии (FS Group) приобрели оператора TrainOSE, было решено задействовать эти поезда в Греции, где предварительно в 2018 г. были проведены испытания близкого по конструкции поезда серии ETR 485 Pendolino. Планируется, что первый поезд ETR 470 Pendolino начнет курсировать по марш-

руту Афины – Салоники уже в марте 2021 г. Остальные четыре поезда придут в Салоники осенью 2021 г.

PKP Intercity заключила новый контракт на модернизацию пассажирских вагонов

Польская компания – оператор междугородных сообщений PKP Intercity заключила контракт стоимостью более 540 млн злотых (примерно 146 млн долл. США) с консорциумом, в который вошли участники группы PESA – компании PESA Bydgoszcz и ZNTK Mińsk Mazowiecki. Контракт предполагает модернизацию 125 пассажирских вагонов серий 111A и 141A, а также проведение в дальнейшем их периодических технических осмотров и обслуживания. Предполагается, что первый вагон будет готов через 300 дней после подписания контракта, а полностью завершить выполнение заказа планируется в течение 30 мес.

Программа работ предусматривает демонтаж внутренних перегородок в вагонах, оснащение салонов устройствами кондиционирования, установку более комфортабельных сидений и новых полок для ручной клади. Вагоны оборудуют электро-

Обновленный салон пассажирского вагона PKP Intercity



фото: PKP Intercity

розетками, USB-портами, туалетами замкнутого типа, усовершенствованными системами информирования пассажиров. Для пассажиров с нарушениями зрения будут установлены информационные указатели с использованием шрифта Брайля.

Контракт заключен в рамках инвестиционной программы PKP общей стоимостью 7 млрд злотых, согласно которой запланирована модернизация 80% парка пассажирских вагонов к 2023 г. В результате ее выполнения 94% вагонов будут оснащены системами кондиционирования воздуха, в 77% вагонов пассажиры получат возможность доступа в Интернет через Wi-Fi. К настоящему времени в программу уже инвестировано 5 млрд злотых.

В ноябре 2020 г. консорциум завершил выполнение контракта на сумму 469 млн злотых на модернизацию пассажирских вагонов серии 111A, который был заключен в апреле 2018 г., а также контракта стоимостью 41 млн злотых на ремонт 10 вагонов, подписанного в 2019 г. Продолжается работа по еще нескольким заказам, в том числе по полученному в июне 2019 г. заказу стоимостью 275 млн злотых на проведение ремонта 14 электропоездов ED74, заказу стоимостью 211 млн злотых на ремонт 83 вагонов второго класса, оформленному в апреле 2018 г. с опцией на 42 вагона, и заказу стоимостью 248 млн злотых на проведение модернизации 60 вагонов первого и второго класса.

Реализуемые PKP Intercity мероприятия по обновлению парка финансируются при участии программы Европейской комиссии, в рамках которой предоставлены средства на модернизацию 225 вагонов.

Во Франции испытают сверхлегкий беспилотный вагон Taxirail

Французский стартап Exid Concept & Développement разработал концепцию легкого беспил-

лотного рельсового транспортно-го средства Taxirail, которое представляет собой вагон длиной 6 м с 16 местами для сидения и общей вместимостью до 40 чел. при собственной массе менее 8 т. Вагон рассчитан на движение со скоростью 90–110 км/ч с запасом автономного хода до 600 км. Возможна эксплуатация по системе многих единиц. Питание тяговых двигателей будет осуществляться от аккумуляторных батарей или гибридно, включая использование водородных топливных элементов и биотоплива. Комфорт и безопасность движения обеспечиваются благодаря применению в конструкции вагона колесных пар, радиально направляемых в кривых, и системы активного подвешивания, что также обеспечит сокращение расходов на текущее содержание верхнего строения пути. Taxirail будет работать полностью

Источник: Exid Concept & Développement



автономно с уровнем автоматизации GoA4, но постоянно контролироваться центром управления. Работа над проектом осуществляется в сотрудничестве с авторами системы автоведения для автомобиля Renault Zoe. Для питания систем освещения, мультимедиа, Wi-Fi, отопления и кондиционирования воздуха будет использоваться солнечная энергия.

Такие вагоны планируется применять на малодеятельных железнодорожных линиях протяженностью 20–50 км в отдаленных сельских районах. Во Франции первый маршрут намечено запустить в 2023 г. после проведения тендеров на обслуживание региональных ли-



Фото: SNCF

Во Франции прошли испытания первого локомотива в режиме автоведения поверх ETCS

В конце 2020 г. Национальное общество железных дорог Франции (SNCF) в рамках программы создания автоматизированного поезда провело на участке Лонгви — Лонгюйон (департамент Мёрт и Мозель региона Лотарингия) эксплуатационные испытания первого в стране грузового локомотива, оборудованного для работы в режиме автоведения с уровнем автоматизации GoA2. Этот режим предусматривает полную автоматизацию процессов разгона и торможения при наличии машиниста на борту. Линия, на которой проводились испытания, оснащена европейской системой управления движением поездов (ETCS). Для тестирования использовался электровагон серии BB 27000 постройки Alstom. Рейсу на участке Лонгви — Лонгюйон предшествовали испытания с целью проверки реализуемости концепции, которые проходили на опытном замкнутом пути завода Alstom в Бельфоре длиной 1 км, позволяющем развивать скорость 60 км/ч.

Испытания состоялись спустя два года после запуска программы

в 2018 г. Ее реализацией занимается консорциум в составе SNCF и компаний Alstom, Altran (входит в группу Capgemini), Apsys, Hitachi Rail и Railenium, который ведет весь комплекс работ от эскизного проектирования до изготовления аппаратуры и создания программного обеспечения.

К концу 2021 г. предстоит завершить следующий этап проекта, предусматривающий обращение поезда с уровнем автоматизации GoA2 на линии, оборудованной традиционными средствами сигнализации.

Одновременно продолжается разработка различных технических средств, необходимых для достижения полной автоматизации управления подвижным составом, в частности устройств обнаружения препятствий и мониторинга обстановки вокруг поезда. Планируется провести 12 циклов испытаний с постепенным расширением функций для повышения уровня автоматизации. Успешная реализация этих этапов позволит консорциуму создать в 2023 г. прототип полностью автоматизированного локомотива.

ний. Компания Exid Concept & Développement ведет переговоры со всеми регионами страны, включая Бретань, где она базируется. Кроме французских регионов, потенциальные полигоны определены в Швейцарии и канадской провинции Квебек. Испытания демонстрационного образца Taxirail намечены на конец 2021 г.

Концепция Taxirail во многом отличается от аналогичного проекта VLR, разработанного в научном центре WMG Университета Уорика в британском городе Ковентри (см. «ЖДМ», 2020, №4, с. 50–55).

Шведская Dellner Couplers покупает у CAF подразделение по производству автосцепок

Компании Dellner Couplers и CAF подписали соглашение, согласно которому подразделение CAF Miira Couplers войдет в состав шведского изготовителя автосцепок. При этом Dellner Couplers обязуется поставлять сцепные устройства CAF и выполнять их послепродажное обслуживание на основе долгосрочного контракта.

Dellner Couplers входит в число ведущих поставщиков сцепных устройств и имеет 22 подразделе-

ния в разных странах мира. В штате компании – 1200 сотрудников. В 2019 г. Dellner была приобретена международной инвестиционной компанией EQT.

Поглощение CAF Miira Couplers позволит Dellner нарастить долю на рынке автосцепок и расширить линейку выпускаемой продукции, включив в нее межвагонные переходы, демпферы и системы поглощения энергии при столкновении. Кроме того, теперь Dellner сможет предлагать на рынке автосцепки всех типов.

Стоит также отметить, что шведская компания приобретает CAF Miira Couplers накануне принятия решения о выборе оптимальной конструкции цифровой автосцепки (DAC) грузовых вагонов для европейских железных дорог. В настоящее время консорциум из национальных грузовых операторов Германии (DB Cargo), Швейцарии (SBB Cargo) и Австрии (Rail Cargo Austria), а также трех крупнейших в Европе компаний по лизингу грузовых вагонов проводит испытания четырех прототипов DAC, в том числе устройств, разработанных компаниями Dellner и CAF, причем CAF предложила автосцепку, совместимую с российской СА-3. По некоторым оценкам, стои-

мость внедрения автосцепки DAC на железных дорогах Европы составит 6 – 10 млрд евро.

На высокоскоростной линии HS1 внедряют систему технического обслуживания на основе дополненной реальности

Компания HS1 – владелец и оператор инфраструктуры высокоскоростной линии между Лондоном и тоннелем под Ла-Маншем планирует в 2021 г. внедрить систему мониторинга технического состояния с использованием цифровых двойников. Она позволит в реальном времени контролировать функционирование лифтов и эскалаторов на лондонской станции Сент-Панкрас, а также аппаратуры сигнализации на ВСМ протяженностью 109 км.

Установленные на устройствах датчики будут собирать и передавать по частной сети 5G в центры обслуживания данные о неисправностях и отказах. Ожидается, что система позволит внедрить технологию прогнозного технического обслуживания, сократить трудозатраты и финансовые расходы на ре-

Высокоскоростной электропоезд серии 374 (Eurostar) на линии HS1



монтаж аппаратуры, усовершенствовать информационные потоки между напольными устройствами и обслуживающим персоналом.

Разработка и внедрение новой системы соответствуют осуществляемой правительством Великобритании национальной программе цифровизации National Digital Twin. Широкое внедрение системы цифровых двойников позволит повысить производительность и сократить эксплуатационные расходы более чем на 3000 станций сети железных дорог страны.

Проект финансируется правительственным агентством Innovate UK и разрабатывается HS1 совместно с национальным оператором инфраструктуры Network Rail и компаниями PAULEY (специализируется в сфере дополненной и виртуальной реальности), Athonet UK (сети 5G) и Научно-исследовательским центром (AMRC) Университета Шеффилда.

Ранее, в начале 2020 г., была представлена цифровая модель проектируемой станции Олд-Оук-Коммон линии HS2. Проект разрабатывался в сотрудничестве с компаниями PAULEY, SME, Inventya и Национальным колледжем высокоскоростного железнодорожного транспорта (NCATI) и финансировался Министерством транспорта Великобритании и агентством Innovate UK.

Bombardier модернизирует системы управления движением поездов в Болгарии

В Болгарии на участке Скутаре—Оризово длиной 25 км линии Пловдив—Бургас в течение 3 месяцев устойчиво функционирует поставленная компанией Bombardier Transportation система INTERFLO 200, выполняющая функции европейской системы управления движением поездов ETCS уровня 1. Этот объект — первый из шести проектов реконструкции средств сигнализации, реализуемых Bombardier в стране в рамках программы модер-



Компьютерная графика, источник: NCRTC

На пригородной линии Дели — Мератх в Индии будет внедрена гибридная система ETCS уровня 3

Транспортная корпорация национального столичного округа Индии (NCRTC) по итогам тендера выбрала компанию Alstom в качестве поставщика систем сигнализации, управления движением поездов и связи для пригородной линии Дели — Газибад — Мератх протяженностью 82 км с 24 станциями. Это одна из линий, входящих в создаваемую систему скоростного пригородного рельсового транспорта индийской столицы.

Согласно контракту стоимостью 106 млн евро компании Alstom предстоит разработать, поставить, смонтировать, испытать и ввести в эксплуатацию системы железнодорожной автоматики, управления и контроля, платформенные двери и телекоммуникационное оборудование.

При этом впервые в Индии будет внедрена европейская система управления движением поездов в исполнении гибридной ETCS уровня 3, предусматривающей разбиение фиксированных блок-участков системы ETCS уровня 2 на короткие виртуальные блок-участки с целью повышения пропускной способно-

сти. Максимально допустимая скорость движения на линии составит 160 км/ч, время в пути между конечными пунктами сократится с 90 – 100 до 60 мин.

В рамках этого проекта компания Alstom намерена впервые использовать комбинацию из ETCS, цифровых систем микропроцессорной централизации и автоведения АТО с передачей данных по сети LTE. На линии будут курсировать электропоезда, которые строит компания Bombardier.

В 2019 г. Alstom подписала контракт с SNCF Réseau — оператором инфраструктуры железных дорог Франции на оборудование высокоскоростной линии Париж — Лион системой сигнализации, которая может быть сконфигурирована как гибридная ETCS уровня 3. Это позволит пропускать по линии до 16 пар высокоскоростных поездов в час.

Полноценная система ETCS уровня 3 с подвижными блок-участками, работающая поверх сети радиосвязи TETRA, внедрена компанией Alstom на монорельсовой дороге в немецком Вуппертале.

низации железнодорожного транспорта Болгарии. ETCS уровня 1 работает как точечная АЛС в дополнение к существующей светофорной сигнализации.

Компания успешно действует на болгарском рынке с 2017 г., когда были заключены контракты на оснащение системой INTERFLO 200 линий Скутаре – Оризово и София – Елин-Пелин (ввод в эксплуатацию планируется в августе 2021 г.). В 2019 г. Bombardier во главе консорциума получила заказ на проектирование и поставку системы INTERFLO 200 и средств связи для линии Пловдив – Бургас длиной 330 км.

В 2020 г. Bombardier заключила еще три контракта на модернизацию систем сигнализации и управления движением поездов: на линиях Оризово – Михайлово длиной 30 км, Елин-Пелин – Костенец (20 км) и Костенец – Септември (20 км). Тогда же компания организовала в Софии офис управления проектами.

На пригородных линиях Буэнос-Айреса внедряют современную систему АЛС

Оператор инфраструктуры железных дорог Аргентины Trenes Argentinos Infraestructura (TAI) завершил оснащение системой авто-

матической локомотивной сигнализации (ATS) пригородной линии Urquiza длиной 26 км между районами Чакарита и Сан-Мигель Большого Буэнос-Айреса. Система производства японской компании Nippon Signal поставлена корпорацией Marubeni по заключенному в 2016 г. контракту стоимостью 6,3 млн долл. США. ATS включает путевую и бортовую аппаратуру, а также напольные сигналы. При отсутствии сигнальных показаний система автоматически останавливает поезд.

Ранее, в ноябре 2020 г., ATS была установлена на участке Майпу – Дельта линии пригородного трамвая Tren de la Costa. Здесь завершены испытания системы, которые проводил Национальный институт промышленных технологий (INTI). Оператор железных дорог Аргентины Trenes Argentinos ведет подготовку персонала для работы на новых устройствах.

Модернизация средств сигнализации является частью объявленного в 2016 г. министерством транспорта страны комплексного плана Comprehensive Plan of Works for the Metropolitan Rail Network стоимостью 14,2 млрд долл. США, предусматривающего, в частности, осна-

Путевой датчик системы АЛС ATS



Фото: Правительство Аргентины

щение системой ATS всех семи пригородных линий Буэнос-Айреса, суточный суммарный пассажиропоток которых составляет 100 тыс. чел.

Система уже смонтирована на пригородной линии Rosa, работы продолжаются на линиях Miter, Sarmiento, San Martín и Belgrano Sur. В ближайшем будущем планируется завершить развертывание системы на линии Belgrano Norte.

Модернизация систем сигнализации на 85% финансируется за счет кредита в размере 49,5 млн долл. США, соглашение о выделении которого между правительством Аргентины, Японским агентством международного сотрудничества (JICA) и Deutsche Bank было заключено в 2017 г.

В 2018 г. Министерство транспорта Аргентины подписало с консорциумом компаний Alstom и POSE контракт стоимостью около 90 млн евро на модернизацию действующей системы сигнализации на линии Rosa в рамках программы реконструкции сети пригородного сообщения Буэнос-Айреса.

Alstom построит новую линию метро в Тулузе

Администрация городской агломерации Тулузы (Франция) подписала с компанией Alstom контракт стоимостью более 470 млн евро на комплексное строительство и оснащение третьей линии метрополитена длиной 27 км с 21 станцией. С учетом возможных опций стоимость контракта может возрасти до 713 млн евро.

Провозная способность новой линии, получившей название Toulouse Aerospace Express, на первом этапе составит 5000 пассажиров/ч в каждом направлении с возможностью увеличения до 10 тыс.

Комплексное решение предусматривает строительство объектов инфраструктуры, включая системы сигнализации и электроснабжения, а также поставку подвижного со-

става семейства Metropolis. Предстоит, в частности, уложить безбалластный путь по технологии Arritrack (см. «ЖДМ», 2015, №6, с. 76–77), оснастить линию системой управления движением поездов по радиоканалу Urbalis 400, выполняющей функции CBTC, соорудить тяговые подстанции с системой рекуперации энергии Nesop, установить на станциях платформенные двери с динамической индикацией населенности поездов. Подрядчик должен обслуживать поставленные технические средства, системы и оборудование в течение 6 лет с возможностью продления срока до 12 лет.

Комплексное техническое решение компании Alstom обеспечивает высокую надежность транспортной системы с готовностью 99,8%. На втором этапе могут быть пущены трехвагонные поезда вместо двухвагонных, что позволит увеличить провозную способность линии до 15 тыс. чел./ч в каждом направлении без реконструкции инфраструктуры.

Центром управления и реализации проекта станет предприятие Alstom в Тулузе, 80% объема работ будет выполнено во Франции, в том числе 55% – в регионе Окситания, столицей которого является Тулуза.

Заклучен контракт на строительство эстакады для линии 18 сети Grand Paris Express

Государственное французское агентство Société du Grand Paris (SGP) заключило с консорциумом во главе с компанией VINCI Construction Grands Projets контракт стоимостью 193 млн евро на строительство эстакады длиной 6,7 км для автоматизированной линии 18 проекта Grand Paris Express в столице Франции.

Эстакада соединит станции Масси-Палезо и Сент-Обин. Строительные работы займут 30 мес, как ожидается, к их выполнению привлекут около 400 чел.



Проект эстакады на линии 18 сети Grand Paris Express

Линия 18 длиной 35 км будет оборудована в расчете на эксплуатацию поездов без машиниста (уровень автоматизации GoA4). От аэропорта Орли она пройдет через район Сакле до конечной станции Версаль-Шантье. На станции Аэропорт Орли пассажиры смогут совершить пересадку на линию 14; на станции Масси-Палезо – на линии В и С сети RER, а также высокоскоростные поезда TGV; на станции Версаль-Шантье – на линию С сети RER и региональные поезда.

Строительство линии 18 будет вестись в три этапа. Первый участок Масси-Палезо – Сент-Обин планируется открыть в 2026 г., участок Аэропорт Орли – Масси-Палезо – в 2027 г., а станции Сент-Обин и Версаль-Шантье введут в эксплуатацию не ранее 2030 г. Проект призван способствовать развитию Плато-де-Сакле – так называемой европейской кремниевой долины, где расположены университеты мирового уровня, инженерные школы и школы менеджмента, а также исследовательские центры.

VINCI Construction Grands Projets в составе другого консорциума, с компанией Spie batignolles, летом 2020 г. заключила контракт стоимо-

стью 799 млн евро на проходку тоннеля длиной 11,8 км на участке линии 18, соединяющем станции Антони, Масси-Опера и Масси-Палезо, сооружение этих станций и пересадки на линию 14. Работа над данным проектом уже ведется.

Bombardier будет строить в Дербии поезда монорельса для Каира

Возглавляемый компанией Bombardier Transportation консорциум подтвердил достижение с правительством Египта соглашения о строительстве двух линий монорельсовой системы Каира. Заключение соглашения стало возможным благодаря подтверждению Департаментом гарантирования экспортных кредитов Великобритании (UK Export Finance) финансирования в размере 1,7 млрд ф. ст. проекта строительства линий монорельса в столице Египта. Это самое крупное финансирование проекта зарубежной инфраструктуры, когда-либо предоставляемое UK Export Finance.

Строительство линий монорельса в Каире является частью плана создания надежной транспортной инфраструктуры, позволяющей удовлетворить растущие потребности в городских пассажирских перевозках при одновременном уменьшении нагрузки на окружающую среду.

Обзор проектов строительства рельсовых систем в 2021 году

Ситуация с коронавирусом внесла коррективы в эксплуатационные и инвестиционные планы многих операторов перевозок и инфраструктуры. Тем не менее в 2021 году ожидается начало реализации или завершение работ по ряду значимых проектов во многих странах мира.



Австралия

В Мельбурне в ноябре 2020 г. федеральные власти Австралии и власти штата Виктория приняли решение о строительстве железнодорожной линии длиной 27 км в аэропорт, который, согласно прогнозам, к 2038 г. будет обслуживать около 67 млн чел. Каждая сторона выделяет на реализацию

проекта по 5 млрд австрал. долл. Утвержденный вариант трассы Melbourne Airport Rail Link (MARL) предусматривает реконструкцию участка существующей пригородной линии до станции Саншайн, которая станет крупным транспортно-пересадочным узлом. От этой станции до аэропорта будет построен новый путь. По линии MARL поезда будут курсировать с интервалом 10 мин, на поездку между конечными пунктами потребуется менее 30 мин.

Бразилия

Салвадор

Первый участок линии Orange монорельсовой дороги в Салвадоре (штат Баия) откроется для пассажиров в 2021 г. Линия длиной 19,2 км с 21 станцией свяжет деловой район города с островом Сан-Жуан, она рассчитана на перевозки до 172 тыс. чел./сутки. Строительство было начато в феврале 2020 г. под эгидой консорциума Skyrail Bahia в составе китайской многопрофильной компании BYD и местной Metrogreen.



Помимо линии Orange, в Салвадоре планируется построить еще линию Green длиной 4,1 км с четырьмя станциями. Продолжение линии Orange и линию Green планируется ввести в эксплуатацию в 2022 г.

Сан-Паулу

В 2021 г. ожидается завершение начатого в 2012 г. проекта по строительству линии 17 Gold монорельса. Эта линия длиной 7,7 км с восемью станциями пройдет из аэропорта Конгоньяс до станции Морумби на линии 9 Emerald метро. Станция Кампо-Бело линии 17 будет пересадочной на линию 5 Lilac метро.

Первоначальный контракт на строительство линии был заключен с консорциумом Monorail Railroad (CMI), но в силу нарушений сроков выполнения работ администрация Sao Paulo Metro разорвала его и заключила в январе 2020 г. новый контракт стоимостью 494,8 млн браз. реалов (более 90 млн долл. США) на инженерно-строительные работы с компанией Constran. Китайский консорциум BYD по контракту стоимостью 1 млрд реалов поставит оборудование железнодорожных систем и подвижной состав.



Вьетнам

В Хошимине - крупнейшем городе Вьетнама планируется открытие первой в стране линии метро длиной 19,7 км с 14 станциями. Линия 1 пройдет через центр города, где пересечется с линией 2, открытие которой намечено на 2026 г. Линия 1 рассчитана для движения поездов со скоростью до 80 км/ч и минимальным

интервалом 2 мин. Работы по проекту начали в 2012 г., открытие намечали на 2018 г. Вследствие затягивания строительства затраты выросли с начального предполагаемого значения 1,4 млрд долл. США до 2,5 млрд.



Египет

В октябре 2021 г. планируется открытие линии облегченного рельсового транспорта, связывающей Каир с быстро растущим городом-спутником Эль-Ашир-мин-Рамадан. Проект стоимостью 1,2 млрд долл. США предусматривал сооружение 66 км двухпутных участков, 10 км путей в

депо и 11 станций. Работы были начаты в 2017 г. Линия, рассчитанная на суточный пассажиропоток 340 тыс. чел., позволит на 30 % разгрузить автомагистраль Каир - Исмаилия.

Компания CRRC Sifang, входящая в китайский консорциум CRRC, поставит для новой линии 22 шестивагонных электропоезда с проектной скоростью 120 км/ч и обеспечит их техническое обслуживание в течение 12 лет.

Израиль

В Тель-Авиве завершается строительство линии Red трамвая, начатое в 2011 г. Линия длиной 24 км свяжет станцию Петах-Тиква с городами Бней-Брак, Яффа и Бат-Ям. Планируется ее продление до станции Ришон-Ле-Цион. Линия включает подземный участок длиной 11 км; она будет обслуживать 34 станции, в том числе 10 подземных, и станет важным элементом городской транспортной сети и позволит разгрузить улицы Тель-Авива.

Италия

Линию М4 Blue длиной 15 км метрополитена Милана - крупнейшего в Италии начали строить в 2012 г. Ввод в эксплуатацию первого участка линии Blue между станцией Форланини и станцией в аэропорту Милан-Линате ожидается в 2021 г. По завершении строительства линия М4 пройдет южнее центра города в направлении запад - восток и свяжет станции Сан-Кристофоро, Сант-Амброджо (пересадочная с линией Green), Сфорца/Поликлинико (пересадка на линию Yellow), Сан-Бабила (пересадка на линию Red), Датео, Форланини и Линате Аэропорто. Линия будет автоматизирована для движения поездов длиной 50 м без машиниста на борту. Станции новой линии с платформами длиной 50 м (в отличие от 100 м на первых трех линиях) оснащаются платформенными дверями. Полная автоматизация обеспечит движение поездов с интервалом 90 с и провозную способность 24 - 28 тыс. чел./ч в каждом направлении.

Канада



Калгари

Власти Калгари (провинция Альберта) в июне 2020 г. одобрили проект строительства первой очереди длиной 20 км линии Green трамвая. Работы по проекту стоимостью 5,5 млрд канад. долл. (4,3 млрд долл. США) изначально планировали начать тогда же, с тем чтобы завершить в 2026 г. Однако

пандемия отсрочила начало строительства первой очереди, разделенной на три участка. Линия Green длиной 46 км пройдет через центр города и свяжет районы Инглюуд/Рамсей на юго-востоке и Кресент Хайтс/Майнт Плезант на севере.

Эдмонтон

В 2021 г. в Эдмонтоне (столице провинции Альберта) планируется начать строительство второго участка Valley West длиной 14 км линии трамвая Valley длиной 27 км. Работы по сооружению продолжения с 14 станциями должны быть завершены в 2027 г. Их ведет консорциум Marigold Infrastructure Partners в рамках государственно-частного партнерства.

Китай

На 2021 г. намечен ввод в эксплуатацию на всем протяжении высокоскоростного коридора Чжэнчжоу (провинция Хэнань) - Сяньян (провинция Хубэй) - Ваньчжоу (район Чунцина) длиной 818 км. Строительство этой ВСМ с 18 станциями и максимальной скоростью движения 350 км/ч начато в 2016 г. по проекту стоимостью 13,5 млрд долл. США. Первый участок этой линии в провинции Хэнань (Чжэнчжоу - Дэнчжоу длиной 350,8 км) был открыт для регулярного движения в августе 2019 г.



Лаос - Китай

Завершается строительство однопутной линии колеи 1435 мм и длиной 414 км, идущей в южном направлении от Ботена (на границе Китая и Лаоса) через провинцию Луангпрабанг, туристический центр Ванг-Вьенг к столице Вьентьян. Эта линия соединит линию Юйси - Мохан в Китае с линией колеи 1000 мм,

идущей от Вьентьяна в Нонгкхай в Таиланде.

Общестроительные работы были завершены к концу 2019 г., сооружение мостов и тоннелей выходит на финальную стадию. Железные дороги Китая планировали приступить к перевозкам в международных сообщениях по новой линии к концу 2021 г.

Малайзия - Сингапур



В ноябре 2020 г. состоялась церемония по случаю начала строительства линии легкого метро между столицей малайзийского штата Джохор - городом Джохор-Бару и Сингапуром. Эта линия длиной 4 км пересечет Джохорский пролив по мосту и соединит станции Букит-Чагар на малайзийской стороне и Вудлендс-Норт на линии Thomson East Coast в Сингапуре.



Ход работ будет контролировать компания RTS Operations, совместное предприятие двух операторов - SMRT (Сингапур) и Prasarana (Куала-Лумпур). Она же будет оператором перевозок после открытия линии, планируемого на 2026 г.

Пассажиропоток нового сообщения оценивается в 10 тыс. чел./ч в каждом направлении.

Мексика

Проект Tren Maya, предусматривающий строительство на полуострове Юкатан линий суммарной длиной 1452 км, был запущен в июне 2020 г. Контракты, заключенные по четырем из семи участков, на которые разбит проект, включают как реконструкцию существующих железных дорог, так и строительство новых линий. Ожидается, что первые поезда пойдут по новым участкам начиная с 2023 г.

Нигерия

В начале 2021 г. планировали открыть пассажирское движение на линии длиной 156 км, связавшей крупный портовый город Лагос и Ибадан, административный центр штата Ойо. Опытная эксплуатация линии велась с декабря 2020 г. Открыть двухпутную линию колеи 1435 мм намечали в июне 2020 г., но пандемия отсрочила это событие. Строительство линии по проекту стоимостью 1,6 млрд долл. США вела китайская корпорация China Civil Engineering Construction (CCECC), поездка между конечными пунктами займет 2 ч.

Линия Лагос - Ибадан - это первая часть запланированной магистрали длиной 2733 км из Лагоса в Кано, который является вторым по численности населения городом Нигерии после Лагоса. Этот проект оценивается в 11,12 млрд долл. США.

Новая Зеландия

В 2021 г. в Окленде планируют приступить к работам по проходке тоннелей на



подземной линии длиной 3,4 км City Rail Link. Проект стоимостью 4,42 млрд новозел. долл. (3,2 млрд долл. США) финансируют правительство Новой Зеландии и власти Окленда. City Rail Link возьмет начало от станции Бритомарт и через центр города выйдет к станции Маунт-Иден на Западной линии. Завершение проекта намечено на 2024 г.

Саудовская Аравия

Строительство шести линий метро в Эр-Рияде, столице Саудовской Аравии, началось в апреле 2014 г. по проекту стоимостью 24,4 млрд долл. США. Первые три линии планируются открыть для пассажиров в 2021 г.

Метрополитен призван изменить транспортные привычки горожан, которые 80 % всех поездок выполняют в автомобилях и только 2 % на общественном транспорте. Метро строится параллельно с сетью автобусных маршрутов суммарной протяженностью 1900 км.

США

Техас

В 2021 г. будут начаты работы по проекту стоимостью 20 млрд долл. США, предусматривающему строительство высокоскоростной магистрали Texas Central, проходящей из Далласа через Долину Бразос в Хьюстон. Основанием

стало обнародование в сентябре 2020 г. Федеральной железнодорожной администрацией (FRA) двух документов: Rule of Particular Applicability (RPA) и Record of Decision (ROD), в которых сформулированы стандарты в отношении безопасности эксплуатации и дано заключение экологической экспертизы по выбранному варианту трассы.

Строительством будет заниматься итальянская промышленная группа WeBuild с дочерней компанией Lane Construction по контракту на проектирование и строительство, заключенному в сентябре 2019 г. Электрифицированная на переменном токе 25 кВ линия рассчитана на максимальную скорость 320 км/ч, 60 % ее протяженности приходится на эстакады.



Сан-Франциско

В Сан-Франциско продолжается строительство продолжения Central Subway линии T-Third сети современного трамвая Muni Metro. Работы по проекту участка длиной 2,7 км были начаты в 2012 г., завершить их планируется в марте 2021 г. Central Subway проходит из центра города в сторону Чайнатауна - одного из

старейших и наиболее известных китайских кварталов в США и включает как наземные, так и подземные участки.

Турция

В 2021 г. откроется линия M11 длиной 37,5 км метро Стамбула. Она берет начало на станции Гайреттепе линии 2 метро и идет в новый аэропорт Стамбула, открытый в 2019 г. Поездка между конечными станциями займет 35 мин. Поезда будут курсировать без машиниста с интервалом 5 мин и максимальной скоростью 120 км/ч.

Эта линия, строительство которой ведет совместное предприятие Kolin-Senbay, является первой очередью линии Гайреттепе - Халкали, имеющей выход на магистраль Marmaray.



Франция

В Ренне в 2021 г. откроется линия В длиной 14 км, проходящая в направлении северо-восток - юго-запад. На линии 15 станций, включая две пересадочные с линией А. Проект стоимостью 1,3 млрд долл. США, начатый в 2014 г.,

предусматривал строительство подземного участка длиной 8,6 км методом проходки, тоннеля длиной 2,4 км открытым способом и участка на эстакадах длиной 2,4 км. Компании Siemens в 2013 г. были заказаны 19 поездов Cityval на пневмоколесном ходу в расчете на освоение суточного пассажиропотока порядка 113 тыс. чел.

The Railway in 2021. International Railway Journal, 2021, № 1, pp. 6 - 9.

DB: уроки пандемии и перспективы развития

В Германии рассчитывают, что вслед за вакцинацией населения в европейских странах в 2021 г. железнодорожная отрасль начнет активно восстанавливаться после пандемии коронавируса. Несмотря на ряд трудностей в 2020 г., будущее пассажирских перевозок Германии выглядит довольно оптимистичным, обновляется парк подвижного состава, продолжается реализация инфраструктурных проектов.

Объемы пассажирских перевозок в Германии во время весеннего и осеннего локдауна 2020 г. сокращались на 60 - 70 %, однако спад был не настолько серьезным, как в ряде соседних стран. Тем не менее количество пассажиров поездов дальнего следования весной 2020 г. составляло всего около 10 - 15 % аналогичного уровня 2019 г.; существенное падение уровня доходов оператора междугородных пассажирских перевозок DB Fernverkehr стало одной из причин того, что национальное правительство в мае 2020 г. объявило о выделении железным дорогам Германии (DB) финансирования в размере 6 млрд евро для компенсации потерь, обусловленных пандемией (рис. 1). Эти средства дополняют 20 млрд евро, которые должны быть предоставлены DB до 2030 г. Комитет по защите климата Германии принял решение о выделении данной суммы на поддержку и развитие железнодорожной отрасли в стране в сентябре 2019 г. в рамках программы по сокращению выбросов парниковых газов и перехода на более экологичный железнодорожный транспорт. Кроме того, национальное



правительство намерено поддерживать усилия по передаче грузов на железные дороги, развитию перевозок мультимодальных и повагонными отправками.

Ряд частных операторов пассажирских перевозок, имеющих открытый доступ к инфраструктуре, в том числе FlixTrain, не получили поддержки со стороны государства в 2020 г. Оператор FlixTrain с марта 2020 г. не осуществлял пассажирские перевозки из-за эпидемии коронавируса, договорившись о действительности билетов Flix-Train для проезда в поездах дальнего следования DB категорий ICE и IC. Затем в июле 2020 г. оператор частично возобновил обслуживание - 10 поездов дальнего следования еженедельно курсировали между Берлином и Кёльном, но с 3 ноября снова был вынужден приостановить обслуживание пассажиров (в середине января 2021 г. на сайте компании все еще не появлялось информации о дате возобновления перевозок).

Объемы пассажирских перевозок DB летом 2020 г., во время затишья между двумя волнами коронавируса, восстановились примерно до 70 % аналогичного уровня 2019 г. Особенно заметно пассажиропоток вырос в часы пик и в выходные дни, тогда поезда операторов DB Fernverkehr и FlixTrain заполнялись практически полностью.

Большая часть региональных операторов Германии в 2020 г. продолжали обслуживать пассажиров, хотя и сократили число рейсов. При этом увеличились затраты на уборку и дезинфекцию подвижного состава. Подобные расходы в основном покрывались местными администрациями, которые получали некоторую финансовую помощь от национального правительства (чтобы компенсировать потерю выручки от продажи билетов). Объемы пассажирских перевозок на городском рельсовом транспорте также упали, хотя не столь существенно, как на магистральных линиях.

Благодаря решениям, принятым до пандемии, будущее пассажирских перевозок Германии, как междугородных, так и на дальние расстояния, выглядит довольно оптимистичным. В начале 2020 г. между Министерством транспорта Германии (BMVI) и DB было подписано соглашение о целевых показателях производительности и финансирования железных дорог LuFV III на общую сумму 86,2 млрд евро в 2020 - 2029 гг. Эти средства будут направлены на ремонт и модернизацию инфраструктуры, включая путевое хозяйство, станции, устройства электроснабжения и системы централизации; 10 млрд евро пойдет на восстановление закрытых сейчас линий. Значительную часть средств направят на внедрение тактового расписания Deutschlandtakt с согласованным движением поездов в масштабах всей сети, согласно которому к 2030 г. междугородные поезда должны курсировать с интервалом 30 мин (рис. 2). Развертывание Deutschlandtakt должно способствовать сокращению использования личных и грузовых автомобилей, воздушного транспорта, а также снижению уровня вредных выбросов в атмосферу. Ряд исследований показали, что высокоскоростные поезда могут в значительной степени заменить перелеты продолжительностью до 3 ч. Так, авиарейс Берлин - Нюрнберг был отменен после открытия высокоскоростной магистрали Берлин - Мюнхен, соединившей столицу с Эрфуртом и Нюрнбергом в декабре 2017 г. В качестве первого шага по переходу на расписание Deutschlandtakt в ключевых коридорах страны DB в декабре 2020 г. ввели 30-минутный межпоездной интервал на линии между



Берлином и Гамбургом.

В ближайшие два десятилетия в Германии планируется строительство по меньшей мере 10 новых высокоскоростных и других линий. К середине 2020-х годов ожидается рост инвестиций в железнодорожную инфраструктуру.



В конце октября 2020 г. состоялось долгожданное открытие нового международного аэропорта Берлин-Бранденбург им. Вилли Брандта (BER) в коммуне Шёнефельд - на 9 лет позже, чем планировалось, причем стоимость инициативы утроилась по сравнению с первоначальной (рис. 3). Его обслуживает

новая электрифицированная магистральная линия длиной 15 км, формирующая кольцо, проходящее через аэропорт. Продление длиной 7,7 км, включающее новую промежуточную станцию Васмансдорф, связывает аэропорт с городской железной дорогой S-Bahn Берлина. На станции в аэропорту Берлин-Бранденбург предусмотрено шесть путей (в том числе два - для поездов S-Bahn), ожидаемый пассажиропоток - 125 тыс. чел. ежесуточно. Экспрессом до станции Берлин-Главный можно добраться менее чем за 35 мин (рис. 4).



В начале декабря 2020 г., после 10 лет строительных работ, которые велись с перерывами (в том числе из-за археологических раскопок), было введено в эксплуатацию продление длиной 2,2 км линии метро U5, проходящей под историческим центром столицы до железнодорожной станции Берлин-Главный. Протяженность линии U5 составила в итоге 22,4 км, она стала

самой длинной на метрополитене Берлина (U-Bahn). Одновременно открылись две новые станции метро - Ротес Ратаус и Унтер ден Линден.



В настоящее время в Германии ведется строительство нескольких новых линий, они будут открываться с 2022 г. Первую из них, линию Вендлинген - Ульм длиной 60 км, рассчитанную на скорость движения поездов 250 км/ч (рис. 5), планируют ввести в эксплуатацию уже в конце 2022 г. Протяженность этой высокоскоростной магистрали невелика, но более 50 % (30,4 км)

трассы проходит в тоннелях, что значительно осложняет строительство.



Работы по завершению тоннеля Раштатт вблизи одноименного города на магистрали Карлсруэ - Базель коридора Рона - Альпы, приостановленные из-за обрушения в 2017 г., в ближайшем будущем начнутся в полном объеме (рис. 6). Строительство тоннеля начали в 2013 г. Однако обрушение в новом восточном стволе 12 августа 2017 г. не только остановило работы, но и прервало движение поездов на существующей магистрали, одной из самых загруженных в Европе, которая оставалась закрытой в течение семи недель. Это нанесло значительный ущерб отрасли, одной из главных проблем стало отсутствие альтернативных маршрутов. По прогнозам DB, новый тоннель откроется в 2025 г. Это на 3 года

позже, чем планировалось изначально.

Новый подвижной состав

Оператор DB Fernverkehr в течение 2020 г. заказал компании Siemens 30 электропоездов Velaro ICE 3, рассчитанных на скорость движения 320 км/ч. Поставка будет осуществляться с декабря 2022 по 2026 г. Контракт включает опцию на



строительство до 60 дополнительных поездов. Этот заказ является частью плана по увеличению парка подвижного состава, что необходимо для перехода на тактовое расписание движения поездов Deutschlandtakt. Устаревшие поезда ICE 1 сейчас проходят вторую модернизацию. Также в 2021 г. DB планируют ввести в обращение первые поезда ICE 4 в 13-вагонном исполнении, 50 из которых уже заказаны. Каждый такой поезд вмещает 918 пассажиров, максимальная скорость движения составит 265 км/ч. В октябре 2020 г. DB получили 50-й поезд ICE 4 в 12-вагонном исполнении (рис. 7), а эксплуатация первых 37 семивагонных поездов ICE 4 началась в ноябре того же года (рис. 8).

Частный оператор FlixTrain получил первые из 135 модернизированных вагонов для поездов с локомотивной тягой серий Vmmz и Vmmdz в середине 2020 г. (ремонт провела компания Talbot Services в Ахене, Германия), однако в конце года вынужден был отсрочить их ввод в эксплуатацию отчасти из-за второй приостановки обслуживания пассажиров в ноябре. В обновленных вагонах имеется доступ к сети Wi-Fi, пассажирские кресла оснащены электрическими розетками и портами USB; предусмотрены площадки для перевозки велосипедов (рис. 9). В связи со слишком высокой в сложившихся

обстоятельствах стоимостью доступа к инфраструктуре FlixTrain отложил на неопределенный срок запуск поездов на пяти междугородных маршрутах во Франции с января 2021 г., но при этом подтвердил свои планы по организации до семи междугородных маршрутов в Германии и о возможном вводе части из них в 2021 г.



Электрификация линии Мюнхен - Линдау протяженностью 155 км, завершившаяся в декабре 2020 г., позволила железным дорогам Швейцарии (SBB) ввести в эксплуатацию электропоезда Pendolino из вагонов, оснащенных механизмом наклона кузовов в кривых, производства компании Alstom, которые заменили поезда с локомотивной тягой в международном

сообщении Мюнхен - Цюрих. Работы по реконструкции и электрификации линии Мюнхен - Линдау продолжались в течение 3 лет, их стоимость составила почти 500 млн евро. В результате время в пути между конечными станциями уменьшилось до менее чем 2 ч. Длительность поездки между Мюнхеном и Цюрихом сократилась на 40 мин (до 4 ч). В декабре 2021 г. частный оператор пассажирских перевозок Go-Ahead заменит оператора DB Regio на маршруте Мюнхен - Линдау, используя парк подвижного состава из электропоездов FLIRT производства Stadler. С декабря 2021 г. линия от Линдау до Ульма через станцию Фридрихсхафен также будет электрифицирована.

В конце 2020 г. оператор DB Regio ввел в обращение последний дизель-поезд серии 633 производства польской компании PESA, заменив оператора Netinera, осуществлявшего пассажирские перевозки в Баварии. Также в Баварии в ноябре 2020 г., на 4 года позже, чем планировалось изначально, были введены в эксплуатацию шесть двухэтажных челночных поездов производства чешской компании Skoda. Эти поезда обслуживают сообщение Нюрнберг - Мюнхен со скоростью до 189 км/ч, каждый поезд способен вмещать 676 пассажиров (рис. 10).



Ситуация с коронавирусом сказалась и на грузовых перевозках, особенно это коснулось оператора DB Cargo, который в 2020 г. перевозил больше продуктов питания и товаров, связанных с пандемией, но потерял часть объема традиционных перевозок в силу временной приостановки работы предприятий ряда ключевых отраслей промышленности (рис. 11).

Несмотря на рекомендации Европейского союза о снижении или отмене платы за доступ к инфраструктуре в качестве меры экономического стимулирования,

оператор инфраструктуры железных дорог Германии DB Netz намерен повысить сборы в 2021 г.



Рис. 11. Грузовые поезда DB на линии в долине реки Мельд

Во второй половине 2020 г. значительно возросли объемы контейнерных перевозок в коридоре Германия - Китай после временной приостановки движения поездов в начале года из-за вспышки коронавируса в Поднебесной. По данным железных дорог Китая (CR), в августе 2020 г. число грузовых поездов сообщением Китай - Европа значительно увеличилось, был

установлен рекорд - 1247 поездов в месяц, что на 62 % больше, чем в 2019 г. Пока неясно, сохранятся ли объемы железнодорожных перевозок по Новому шелковому пути в Германии на таком же уровне в 2021 г., поскольку китайские субсидии для некоторых видов перевозок были постепенно отменены, а альтернативные направления, включая маршрут через Балтийское море из портов России или стран Балтии, становятся все более популярными, так как позволяют избежать задержек с перевалкой грузов на белорусско-польской границе.

Материалы железных дорог Германии, DB (www.bahn.de); International Railway Journal, 2021, № 1, p. 19.

Франция открывает рынок пассажирских перевозок

Власти французских регионов рассчитывают, что открытие рынка пассажирских перевозок для конкуренции приведет к появлению более доступных и менее затратных транспортных услуг и возрождению железнодорожных сообщений на недостаточно интенсивно используемых в настоящее время региональных линиях.



В последние годы Франция не торопилась открывать рынок перевозок пассажиров для конкуренции, оперируя разными аргументами - от неподтвержденной эффективности либерализации до неготовности Национального общества железных дорог (SNCF) к подобным переменам.

Между тем французские операторы успешно зарекомендовали себя на открытых рынках соседних стран, в частности компании Transdev и Keolis. Однако 2023 год объявлен крайним сроком для всех стран ЕС в плане заключения контрактов на оказание социально значимых услуг (PSO).

Во Франции региональные власти уполномочены определять объем социально необходимых транспортных услуг и получили право начиная с 2019 г. проводить тендеры на выбор операторов по пакетам таких услуг. Движение в этом направлении пока не отличается высокими темпами. Менее половины регионов предпринимают шаги по конкурсному отбору операторов для обслуживания региональных сообщений поездами-экспрессами Train Express Regional (TER). В результате счетная палата, контролирующая государственные расходы, критиковала власти некоторых французских регионов за неготовность к либерализации рынка пассажирских перевозок.



В регионах, которые не организывают конкурсный отбор операторов, срок действия существующих контрактов с SNCF истекает в период с 2023 по 2029 г. Понимания о том, что будет по окончании действия этих контрактов, пока нет. Помимо оказания услуг по перевозкам, SNCF обеспечивает техническое обслуживание подвижного состава, находящегося в

собственности регионов. Кроме того, в последнее время наблюдается давление на региональные власти в плане финансирования ими перевозок на новых линиях или возобновления эксплуатации неиспользуемых, строительства новых депо и даже обновления путевой инфраструктуры.

Взаимоотношения между регионами и SNCF часто складываются непросто. Особая напряженность связана с тем, что регионам для подготовки тендеров требуется большой объем информации по многим аспектам перевозок и эксплуатации. Например, власти региона О-де-Франс обращались к регулятору за разъяснениями относительно объема данных, которые обязано предоставлять SNCF. Много претензий вызывает необязательность оператора в части уведомлений об отклонениях от расписания движения региональных поездов.

Один из основных вопросов, препятствующих открытию рынка социально необходимых услуг, связан с низкой долей покрытия расходов за счет платы за проезд. Для поездов TER доля расходов, покрываемых за счет доходов от перевозок, в среднем составляет 27 - 30 % и выше этого уровня только в двух регионах. В некоторых малонаселенных районах она не достигает и 20 %. Кроме того, удельные расходы в расчете на 1 поезд-км во Франции по крайней мере вдвое выше, чем в Германии. На многих маршрутах число поездов вне часов пик незначительно или их вовсе нет, это значит, что доходы поступают в основном от сезонных билетов, которые продаются со значительными скидками.



Планы частных операторов

Несмотря на очевидные проблемы, некоторые частные операторы все же намерены участвовать в тендерах. SNCF в свою очередь ориентируется на сохранение всех действующих контрактов, а его дочерние компании Transilien и Keolis будут участвовать в тендерах и создадут операторские предприятия в случае победы в

регионе Иль-де-Франс.

Оператор Transdev, оказывающий услуги пассажирам в 17 странах, приветствовал объявление министерством транспорта тендера на обслуживание начиная с 2022 г. маршрутов Нант - Бордо и Нант - Лион, входящих в систему междугородных сообщений с небольшими объемами перевозок Trains d'Equilibre du Territoire (TET). На этих маршрутах до 2022 г. работает SNCF Mobilites. Опыт работы в Германии дает основания компании Transdev утверждать, что либерализация скорее ведет к открытию новых сообщений и росту пассажиропотока, чем к движению в противоположном направлении, на чем настаивают французские профсоюзы.

Transdev планирует участвовать в большинстве тендеров на региональные перевозки, в том числе в Иль-де-Франс. Наиболее подготовленным можно считать предложение компании по сообщению Марсель - Ницца в регионе Прованс - Альпы - Лазурный Берег. Оператор разрабатывает предложения для регионов Франции, опираясь на свой опыт работы в Германии, Швеции и Новой Зеландии. В декабре 2021 г. дочернее подразделение NordWestBahn оператора Transdev приступит к перевозкам на сети региональных линий протяженностью 385 км в Ганновере (федеральная земля Нижняя Саксония, Германия) по

контракту сроком 12,5 года. В Швеции подразделение Snalltaget планирует увеличить объем перевозок ночными поездами прямого сообщения Стокгольм - Мальмё - Копенгаген - Гамбург - Берлин.

Оператор RegioNeo - совместное предприятие RATP Dev (дочерней компании Автономного управления транспорта Парижа) и Getlink (оператора перевозок по тоннелю под Ла-Маншем) с долями 55 и 45 % соответственно - учрежден в 2019 г. с целью выхода на рынок региональных перевозок. Его задачей было участие в тендерах на обслуживание сообщений в регионах О-де-Франс и Гранд-Эст в конкуренции с двумя присутствующими там перевозчиками.

Trenitalia - дочерняя компания Государственных железных дорог Италии (FS) в последние годы укрепила позиции в регионе Прованс - Альпы - Лазурный Берег, эксплуатируя поезда Thello, курсирующие между Марселем/Ниццей и Миланом, и готова претендовать на контракты в этом регионе наряду с другим оператором - RDT13, учрежденным департаментом Бушдю-Рон (входящим в состав региона Прованс - Альпы - Лазурный Берег), но пока занимающимся грузовыми перевозками и автобусными сообщениями.



Двухэтажный региональный электропоезд на станции Малайя в пригороде Парижа

Открытые тендеры

Регион Гранд-Эст стал пионером в плане организации тендеров на региональные перевозки, запустив конкурсную процедуру по двум контрактам. Первый относится к неэлектрифицированной линии Нанси - Витель - Контрексевиль,

но предлагается в необычном формате - оператор наряду с выполнением перевозок должен заниматься развитием и обслуживанием инфраструктуры. В настоящее время линия закрыта для движения на участке Ксёйе - Витель, участок от Пон-Сен-Винсана до Вителя используется только для пропуска грузовых поездов. Контракт должен вступить в силу в 2024 г.

Второй контракт охватывает перевозки дизель-поездами по маршрутам Страсбург - Мольсайм - Сен-Дье-де-Вож - Эпиналь и Страсбург - Мольсайм - Селеста. Контракт будет действовать с 1 марта 2022 г. в течение от 8 до 15 лет, охватывая объем работы 1,5 млн поездо-км в год. Предлагается использовать имеющийся парк дизель-поездов.

Кроме того, регион Гранд-Эст работает с администрациями соседних земель Германии - Саар, Баден-Вюртемберг и Рейнланд-Пфальц по обновлению контрактов на обслуживание семи направлений начиная с 2024 г. Власти региона рассчитывают, что таким образом удастся сократить на 30 % расходы по перевозкам на этих семи линиях.

Регион О-де-Франс в сентябре 2020 г. объявил три конкурса на следующие контракты:

- стоимостью 228 млн евро со сроком 11 лет на пригородные перевозки по линии Париж-Северный - Бове с объемом работы 900 тыс. поездо-км в год;
- стоимостью 820 млн евро со сроком 12,5 года на местные перевозки в сообщении с Амьеном объемом 3,4 млн поездо-км в год;
- стоимостью 155 млн евро со сроком 11 лет на перевозки в коммуне Сен-Польсюр-Тернуаз объемом 600 тыс. поездо-км в год.

Регион Пеи-де-ла-Луар (Земли Луары) планирует открыть тендерный процесс в июле 2021 г. по двум сетям, на которые приходится 30 % объема перевозок поездами TER: Нант - Шатобриан и Нант - Клиссон (сообщение типа трамвай-поезд), и сети Sud Loire, в которую входят сообщения Нант - Порник - Сен-Жиль - Круа-де-Ви, Ле-Сабль-д'Олон - Ля-Рошель - Шоле и Шоле - Анже. Новые контракты должны вступить в силу не позднее декабря 2023 г.

Регион Прованс - Альпы - Лазурный Берег объявил конкурс на два пакета услуг. Первый охватывает сообщение Марсель - Тулон - Канны - Ницца с объемом работы 2,45 млн поездо-км в год, которое пока обслуживают поезда на локомотивной тяге из вагонов Corail. Этот контракт начнет действовать летом 2025 г. после завершения строительства депо в Ницце и закупки новых поездов. Стоимость контракта - 870 млн евро, он рассчитан на 10 лет.

Второй контракт относится к сообщениям в районе Ниццы: Арк - Канны - Ницца - Монако - Вентимилья (Италия); Канны - Грас и Ницца - Тенд. Он охватывает годовой объем поездной работы, равный 4,3 млн поездо-км, и начнет действовать в декабре 2024 г.

Другие регионы обнародовали пока предварительные планы. Иль-де-Франс откроет для конкуренции линии вне сети RER в 2023 г., линию E RER, обслуживаемую SNCF и продлеваемую в западном направлении, - в 2025 г., линии C и D RER (перевозки пока выполняет SNCF) - в 2033 г. и линии A и B RER (перевозки выполняют совместно SNCF и RATP) - в 2039 г.

Регион Овернь - Рона - Альпы открывает доступ к рынку перевозок начиная с двух небольших сетей. Первая состоит из трех линий на западе Лиона, обслуживаемых по системе трамвай-поезд, вторая представлена линией колеи 1000 мм Сен-Жерве-ле-Бен - Валорсин. Сроки не обнародованы.

Наконец, регион Новая Аквитания разделил предложение на пять лотов, охватывающих сообщения с городами Байонна, Бордо, Лимож, Перигё и Пуатье. Сроки проведения тендеров пока неизвестны.



Открытый доступ

Практически все остальные пассажирские перевозки во Франции в настоящее время выполняет оператор SNCF Mobilites. Большая часть их объема приходится на высокоскоростные поезда TGV, обращаются также шесть дневных междугородных поездов Intercites и два ночных. Правительство страны приняло решение восстановить ночные поезда и изменить категорию не относящихся к числу скоростных поездов междугородных сообщений на TER. Операторов, желающих воспользоваться правом конкуренции на магистральных линиях, оказалось достаточно много.

FS намеревались запустить два ежедневных высокоскоростных поезда на маршруте Париж - Милан в конкуренции с SNCF начиная с июня 2020 г. Пандемия отсрочила это событие до 2021 г. В планы итальянского оператора входило также обслуживание сообщений Париж - Брюссель и Париж - Бордо, но и на их реализацию повлияла пандемия. Распространение коронавируса привело также к прекращению обращения ночных поездов Париж - Венеция оператора Thello - дочернего предприятия FS и уменьшению числа поездов сообщением Милан - Ницца.

Немецкая компания FlixMobility - оператор дальних автобусных сообщений во Франции аналогичным образом отказалась от планов запуска в апреле 2020 г. поездов FlixTrain на трех маршрутах, включая Париж - Сен-Кантен - Брюссель, ссылаясь на то, что сложившаяся ситуация в отношении доходной части оказалась сложнее, чем прогнозировалось, особенно на фоне чрезмерно высокой платы за пользование инфраструктурой.

В число других компаний, отслеживающих ситуацию на французском рынке, входит Regio-Rail - оператор грузовых перевозок во Франции; половина его уставного капитала принадлежит корпорации Railroad Development.

Железные дороги Германии (DB) проявляют интерес к конкуренции с SNCF в части продления маршрута поезда Франкфурт - Кёльн - Брюссель до Парижа. Однако подобные планы неоднократно откладывались. Пока DB сотрудничают с SNCF по обслуживанию высокоскоростных сообщений Париж - Франкфурт и Париж - Штутгарт - Мюнхен.



Частный оператор Railcoop был учрежден в 2019 г. с целью восстановления местных железнодорожных сообщений, от которых отказалось SNCF. Наряду с оценкой перспектив развития грузовых перевозок и возобновления курсирования

ночных пассажирских поездов главной задачей компания считает восстановление прямого сообщения между Бордо и Лионом через центральные районы Франции к концу 2022 г.

Railcoop объявил в июне 2020 г. о планах организации пропуска трех пар поездов в день через города Либурн, Перигё, Лимож, Гере, Монлюсон, Сен-

Жермен-де-Фоссу и Роан с временем в пути 6 ч 47 мин. Оператор подал заявку в ведомство регулятора Autorite de Regulation des Transports (ART) на выделение соответствующих ниток графика к сентябрю 2021 г.

Начало процессу открытия рынка пассажирских перевозок для конкуренции, безусловно, положено, однако пандемия оказывает определенное тормозящее влияние. Обусловленные ею потери доходов и высокие во Франции эксплуатационные расходы могут отразиться на планах ряда операторов. Примером тому - отказ оператора Flixbus от своих намерений. Компания Transdev, напротив, рассчитывает, что отсрочки будут непродолжительными, а сам процесс открытия рынка преследует интересы пассажиров. Региональные власти в свою очередь надеются, что результатом конкуренции станут более доступные и менее затратные транспортные услуги. Конечным итогом будет возрождение железнодорожных сообщений на сети недостаточно интенсивно используемых в настоящее время линий, на которые приходится 42 % протяженности сети и только 2 % объема перевозок, а также вклад в замедление процессов климатических изменений.

Материалы Национального общества железных дорог Франции (www.sncf.com); компаний Transdev (www.transdev.com); Railcoop (www.railcoop.fr); International Railway Journal, 2020, № 12, pp. 24 - 26.

Перспективы рынка грузовых железнодорожных перевозок Франции

Объединение частных грузовых операторов Fret Ferroviaire Francais du Futur (4F) и национальная компания Fret SNCF летом 2020 г. разработали амбициозную программу (план 4F), направленную на удвоение объема грузовых перевозок на железных дорогах страны в предстоящие 10 лет. Ключевыми задачами ее реализации должны стать дальнейшее развитие инфраструктуры, переключение существенной части грузов с автомобильного транспорта на железнодорожный и рост объемов мультимодальных перевозок.

В представленной объединением 4F и оператором Fret SNCF 23 июня 2020 г. программе выделено 10 приоритетных направлений развития рынка, реализация которых будет способствовать удвоению к 2030 г. объема перевозимых по железным дорогам грузов. Из общей стоимости предложенных мероприятий, оцениваемых в 15,7 млрд евро, на модернизацию, расширение и строительство инфраструктуры предлагается направить 13,3 млрд евро. Еще 2 млрд евро позволят обеспечить финансовую поддержку перевозок мультимодальных и повагонными отправлениями. Кроме того, часть средств предлагается инвестировать в новые технологии, в том числе по использованию альтернативных видов тяги, а также в обновление вагонного парка.

План 4F подготовлен как раз в тот период времени, когда можно рассчитывать на определенные перспективы развития рынка грузовых железнодорожных перевозок во Франции, несмотря на то что эпидемия коронавируса негативным образом сказалась на функционировании транспортного рынка в целом. В то же время и общественность, и правительство Франции признали ту существенную роль, которую грузовой железнодорожный сектор играет в этот непростой период. В пользу возобновления роста грузовых железнодорожных перевозок звучат и мнения относительно негативного влияния на загрязнение окружающей среды и глобальное потепление со стороны автомобильного транспорта. В представленном докладе указывается на масштабные последствия от вредных выбросов автотранспорта, при этом подчеркивается, что существенно исправить ситуацию позволит как раз увеличение доли железных дорог на рынке грузовых перевозок.

Правительство страны 3 сентября 2020 г. обнародовало пакет мер поддержки железных дорог. Всего намечено выделить 7,4 млрд евро, из которых 4,1 млрд направят на проекты, реализуемые оператором инфраструктуры SNCF Réseau. Эти средства могут пойти в том числе на поддержку тех мероприятий, которые обозначены в плане 4F. По информации координаторов плана 4F, его планируется реализовать в два этапа. На первом основное внимание будет уделено обеспечению мер безопасности и улучшению организации перевозочного процесса с акцентом на повышении качества транспортного обслуживания клиентов. На втором этапе в центре внимания окажутся вопросы планирования с учетом предполагаемого существенного роста грузопотока.

В то же время ожидаемое удвоение объемов грузовых перевозок приведет к повышению нагрузки на железнодорожную сеть. Поэтому не случайно, что 85 % бюджета, предусматриваемого планом 4F, предлагается направить на развитие инфраструктуры. В SNCF считают, что как раз инфраструктурные улучшения, а именно разгрузка ключевых транспортных узлов, увеличение габарита погрузки и длины поезда, станут ключевым фактором, способствующим росту грузовых перевозок на железных дорогах Франции. Важно учитывать и внешние издержки в части влияния автомобильного транспорта на окружающую среду с тем, чтобы ускоренно внедрять инновационные технологии в логистике.

План 4F также предусматривает в период 2025 - 2030 гг. вложение 10,5 млрд евро в строительство дополнительных путей и внедрение системы сигнализации для движения в обоих направлениях, новых хордовых участков в Сен-Хонсе (район Лиона), Конфлан-ан-Жарнизи (район Меца) и Ле Булу (район испанской границы), а также на ликвидацию ряда железнодорожных переездов и создание объездных маршрутов вокруг Лиона, Лилля и Парижа. Во избежание роста расходов и затрат времени на проектирование основное внимание фокусируется



на существующих линиях, где это возможно. Координаторы плана 4F рассчитывают на электрификацию участка Амьен - Лан - Реймс - Шалон-ан-Шампань (рис. 1) с целью создания части кольцевой дороги, которая позволит пропускать транспортные потоки из порта Гавра в обход Парижа.

Еще одно приоритетное направление касается

модернизации к 2024 г. существующих грузовых терминалов и сети портовых железных дорог. Стоимость этих работ оценивается в 100 млн евро. Планируется также до 2030 г. профинансировать в объеме 500 млн евро работы по улучшению подходов к портам и грузовым терминалам. По предварительным оценкам, к 2030 г. во Франции необходимо построить от 8 до 10 крупных терминальных комплексов.

На увеличение габарита погрузки планируется выделить 600 млн евро, что обеспечит перевозки полуприцепов во всех стратегически важных коридорах (рис. 2). В дальнейшем потребуются 400 млн евро на мероприятия, обеспечивающие пропуск по сети грузовых поездов увеличенной длины, сначала до 850 м, а затем и 1500 - 1700 м.



Особое внимание в плане 4F уделяется работе с клиентами в краткосрочной перспективе. На нужды SNCF Réseau необходимо выделить 210 млн евро до 2024 г., что позволит оператору пересмотреть технологии текущего содержания инфраструктуры с тем, чтобы исключить окна с закрытием движения продолжительностью более чем 6 ч в сутки и отказаться от работ с прекращением движения на двухпутных участках до тех пор, пока не будет организован объездной маршрут.

Второстепенные линии

В оценке состояния национальной железнодорожной сети, подготовленной в 2018 г., рекомендовалось рассмотреть вопрос о прекращении эксплуатации 9000 км второстепенных линий, при том что протяженность всей сети Франции составляла 28 тыс. км. В 2019 г. рекомендовалось передать ответственность за перевозки на этих линиях на уровень регионов или других администраций. Протяженность второстепенных линий на сегодня составляет 20 % всей сети, однако здесь зарождается до 50 % всего грузопотока железных дорог Франции.

Развитие конкуренции

В число высокоприоритетных входит задача по повышению конкурентных преимуществ железнодорожного транспорта по отношению к автомобильному, в том числе за счет повышения привлекательности услуг в мультимодальной сфере, субсидирования существующих и перспективных перевозок. На финансирование мероприятий в этом направлении от правительства потребуется поддержка в размере примерно 120 млн евро в год, в том числе необходимо продление действия текущих субсидий в отношении мультимодальных перевозок, что будет способствовать дальнейшему переключению грузопотока с автомобильного на железнодорожный транспорт. На развитие сектора перевозок повагонными отправками согласно плану 4F необходимо выделять до 75 млн евро в год.

Эти субсидии рассчитаны на 10-летний период и обойдутся правительству в целом примерно в 2 млрд евро. Но это относительно скромный объем финансирования в сравнении с субсидированием пассажирских перевозок в региональных сообщениях. Например, регион О-де-Франс (рис. 3) выплачивает SNCF на эти цели 500 млн евро ежегодно.

Есть определенные подвижки в этом направлении и со стороны государства. Так, правительство обязалось до конца 2020 г. оказать Fret SNCF

дополнительную помощь в размере 170 млн евро, в том числе выделить 70 млн евро на поддержку повагонных отправок, 65 млн - в целях сокращения вдвое платы за доступ к инфраструктуре в 2021 г., 20 млн - на развитие мультимодальных перевозок и 15 млн евро - на продвижение трех новых



маршрутов для перевозки полуприцепов: Барселона - Перпиньян - Рюнжи - Антверпен; Шербур - Байонна и Кале - Сет (рис. 4).

Новые технологии

На развитие инновационных технологий операторы рассчитывают получить от правительства страны и Евросоюза 670 млн евро. Основная часть этих средств должна пойти на внедрение технологии вождения поездов без машиниста, новых автосцепок, а также программного обеспечения для оценки воздействия транспорта на окружающую среду в режиме реального времени. Предлагается также использовать транспортные средства на комбинированном ходу для сбора и развоза вагонов на второстепенных линиях, малозатратные схемы электрификации и автоматизации терминалов.

В плане 4F также заложено выделение 490 млн евро на модернизацию эксплуатационной сферы деятельности железных дорог, в том числе 320 млн евро предлагается направить на модернизацию локомотивов, включая оснащение бортовыми устройствами европейской системы управления движением поездов ETCS, а также на обновление парка вагонами со сниженным уровнем шума, внедрение системы идентификации вагонов и контейнеров с помощью оптических средств. В течение 10 - 15 лет планируется полностью заменить дизельную тягу на ее альтернативные виды.

Одно из наиболее привлекательных, но не самых дорогостоящих направлений оценивается в 30 млн евро. Речь идет о создании цифровой платформы для мониторинга продвижения поездов на железных дорогах Франции, что позволит клиентам отслеживать свои вагоны на всем пути.

Платформа также должна идентифицировать резервные возможности для размещения дополнительных грузов в поездах на разных направлениях, что позволит операторам существенно экономить ресурсы, особенно при предоставлении услуги по сбору и развозу вагонов на «последней миле», а также сократить число необходимых ниток графика движения. Это новшество планируется внедрить к 2024 г. В настоящее время отдельные операторы обслуживают повагонные перевозки на своих маршрутах в дополнение к тем возможностям, которые предоставляет Fret SNCF.

Сегодня, несмотря на сложную ситуацию, связанную с пандемией, наметился рост традиционных грузовых перевозок. Однако операторы единодушны в том, что наибольшего увеличения объемов следует ожидать в секторе мультимодальных сообщений. Согласно оптимистичным прогнозам, в обозримой перспективе ожидается удвоение объемов перевозок повагонными

отправками и маршрутными поездами, в то время как мультимодальные грузопотоки могут утроиться или даже вырасти вчетверо.

С этими доводами согласны, например, и в компании CFL Cargo (Люксембург), где также видят большой потенциал для роста мультимодальных перевозок, особенно если сравнивать британский порт Филикстоу, откуда еженедельно отправляется 120 - 150 поездов (рис. 5), и французский порт Гавра с 12 поездами в неделю, который считается самым загруженным в стране. В компании Euro Cargo Rail также находят, что мультимодальный сектор имеет огромный потенциал для роста. В то же время Франция в этом отношении пока отстает от других европейских стран, особенно Германии. В этой связи разумными представляются предложения по вводу платы за проезд для грузовых автомобилей, следующих транзитом по территории Франции, и ограничению дорожного трафика там, где есть альтернативный вариант транспортировки груза по железной дороге в контейнерах или полуприцепах.



Вероятные сценарии развития рынка

Что касается дальнейшей судьбы плана 4F, то остается ожидать отклика на него железнодорожных профсоюзов. Застой, который наблюдался в последние 10 лет в секторе грузовых железнодорожных перевозок, отчасти можно объяснить массовыми национальными

забастовками. Сегодня бытует мнение, что кооперация Fret SNCF с частными операторами в плане организации обслуживания клиентов на «последней миле» может быть более эффективным средством, чем использование собственных ресурсов Fret SNCF в этих целях. Но следует признать, что в предстоящие 2 года в целях оптимизации компании Fret SNCF придется ликвидировать рабочие места в этой сфере.

Очевидно, что профсоюзы уже пришли к пониманию того, что Fret SNCF при худшем сценарии грозит опасность полного исчезновения, и готовы соответственно отреагировать на такой ход событий. Прогнозируемый рост объема перевозок с темпом не менее 5 - 10 % в год позволит создавать новые рабочие места, сохранить позиции на рынке компании Fret SNCF и ее конкурентам и в конечном счете обратить вспять те негативные тенденции, которые неотступно преследовали сектор грузовых железнодорожных перевозок Франции на протяжении последних десятилетий.

Участники грузового бизнеса в структуре SNCF

Крупнейшим оператором грузовых железнодорожных перевозок во Франции является Fret SNCF с долей на рынке 55 %. Компания входит в объединение европейских операторов мультимодальных перевозок (TFMM), функционирующее под эгидой SNCF, оказывает услуги в сфере перевозок повагонными отправками и маршрутными поездами на национальной сети, а также обеспечивает локомотивную тягу для Novatrans, VHA и других операторов (рис. 6). В последние 15 лет компания была нерентабельной, но

рассчитывает выйти на безубыточный уровень к 2023 г. Большие надежды в плане восстановления бизнеса в компании связывают со вступлением в партнерство Xrail, которое охватывает большую часть железнодорожной сети Европы. Повышению эффективности работы будет способствовать также организация перевозок поездами большей длины и массы.



Общая сумма долга компании сейчас составляет 5 млрд евро, но пока правительство не готово их списывать, в том числе в соответствии с действующими нормами Евросоюза. Согласно французским СМИ, с целью сокращения долга SNCF приступило к распродаже части своих активов. Так, за счет продажи лизинговой компании

Ermewa планируется выручить 2,5 млрд евро.

В качестве низкобюджетного дочернего грузового подразделения SNCF, занимающегося различными видами грузовых отправок, выступает компания VFLI, которая в январе 2021 г. получила новое название Captrain France в связи с большей интеграцией с другими дочерними структурами логистической компании Captrain для обеспечения трансграничных перевозок «от двери до двери». Captrain в свою очередь была создана в 2009 г. после того, как SNCF приобрело активы компании Veolia Cargo, а также немецкого частного оператора ITL. С тех пор у Captrain появились дочерние компании в странах Бенилюкса, Италии, Испании и Польше.

Дочерним предприятием VFLI в 2019 г. стало Ecorail Transport, созданное в 2010 г. для перевозки нерудных строительных материалов из западной части Франции. С начала 2020 г. Ecorail предоставляет VFLI услуги машинистов для выполнения таких перевозок.

Оператор Naviland Cargo (дочернее подразделение SNCF) специализируется на контейнерных перевозках из французских портов. Его деятельность в настоящее время нацелена на расширение присутствия в портах на побережье Северного моря, где работает еще одна дочерняя компания Captrain - Railtraxx.

Компания VIIA занимается перевозками автотранспортных единиц по железным дорогам. Пока рост объемов перевозок компании сдерживается последствиями серий забастовок, а также из-за отсутствия удобных ниток графика в силу приоритета пассажирского движения.

Материалы Национального общества железных дорог Франции (www.sncf.com); компании VIIA (www.via.com); программы 4F (www.assorail.fr); International Rail Journal, 2020, № 12, pp. 20 - 23.

Задачи оператора High Speed 1

Для компании High Speed 1 (HS1) - владельца концессии сроком 30 лет на эксплуатацию единственной в Великобритании высокоскоростной линии длиной 109 км Сент-Панкрас-Лондон - тоннель под Ла-Маншем 2020 год должен был стать переломным. В 2021 г. компания готовилась наряду с выполнением программ регулярного текущего обслуживания и обновления инфраструктуры приступить к реализации планов по трансформации линии HS1 в первую в стране железную дорогу с климатически нейтральным уровнем выбросов соединений углерода.

Обнародованная в октябре 2020 г. политика в области окружающей среды представляла планы HS1 по выходу на климатически нейтральный уровень выбросов к 2030 г. Компания поставила задачу - покрывать все потребности в энергии для тяги поездов и обслуживания инфраструктуры только за счет возобновляемых источников - ветра и солнца. Прогресс в достижении намеченной цели должен отражаться в сертификатах Renewable Electricity Guarantee of Origin (Rego), выдаваемых поставщиком электроэнергии - компанией Npower Business Solutions и отражающих долю энергии, полученной из возобновляемых источников.

В течение следующего 10-летия HS1 планирует сократить на 10 % общее потребление энергии, а вместе с операторами перевозок Eurostar и London & South Eastern Railway (LSER) снизить на 25 % углеродный след в расчете на каждого пассажира. Компания рассчитывала в течение 2021 г. пересмотреть эксплуатационные процессы и выработать стандарты для поставщиков с тем, чтобы к 2022 г. исключить необходимость утилизации неопасных отходов на мусорных полигонах, а к 2023 г. обеспечить, чтобы 90 % отходов были пригодными для переработки. Кроме того, компания наметила выполнить программу по восстановлению биоразнообразия Biodiversity Net Gain с тем, чтобы к 2030 г. значительно улучшить зрительное восприятие ландшафтов на прилегающих к линии территориях.



Однако пандемия коронавируса, начавшаяся в Великобритании в марте 2020 г., требует адаптации к складывающейся ситуации неопределенности, зависящей от восстановления объемов скоростных перевозок во внутренних сообщениях на сети LSER поездами Javelin и высокоскоростных в международных

сообщениях компанией Eurostar. Если пассажиропоток на LSER снизился до 30 % докоронавирусного объема, то Eurostar потеряла 95 % пассажиров.

Порядка 88 % доходов компании HS1 формировалось за счет платы, которую операторы заблаговременно вносили за нитки графика. Благодаря этому в первые 6 мес после начала пандемии финансовое положение компании было стабильным. С течением времени ситуация изменилась. Теперь оператор Eurostar не готов следовать этой практике, поскольку прогнозировать размеры

движения и объем перевозок практически невозможно. Если LSER как оператор франшизы получила поддержку со стороны государства в соответствии со срочными контрактами Emergency Recovery Management Agreements (ERMA), позволяющими сохранить размеры движения, то компания Eurostar как оператор, пользующийся правом свободного доступа к инфраструктуре, оказалась лишенной какой-либо помощи со стороны британских властей. В то же время финансовую поддержку получили аэропорты (8 млн ф. ст.) и компании воздушного транспорта (1,8 млрд ф. ст.).

В марте 2020 г. были опубликованы результаты исследования, в котором выгоды от эксплуатации HS1 для Великобритании и стран континентальной Европы оценивались в 427 млн ф. ст. в год. Высокоскоростное сообщение помогает снизить выбросы углекислого газа на 750 тыс. т, что эквивалентно 60 тыс. полетов на короткие расстояния. В масштабах графства Кент порядка 164 тыс. домохозяйств имеют возможность за 30 мин добираться до центра Лондона благодаря высокоскоростному сообщению. Компания Eurostar способствовала внесению вклада в экономику Великобритании в виде 2 млрд ф. ст. дохода от туризма.

При столь очевидных выгодах высокоскоростных сообщений компания HS1 активно работает над вопросом привлечения новых операторов международных перевозок. Более 10 лет назад железные дороги Германии (DB) организовали пробег демонстрационного поезда ICE в Лондон. Однако эта инициатива не имела продолжения в виде обращения регулярных поездов. В настоящее время HS1 сотрудничает с операторами инфраструктуры тоннеля под Ла-Маншем - компанией Eurotunnel, Национального общества железных дорог Франции - SNCF Réseau и высокоскоростной линии Тур - Бордо - компанией LISEA. Перспективным представляется организация прямого сообщения с Франкфуртом.

Ограничивающим фактором для операторов грузовых перевозок является высокая плата за пользование инфраструктурой, особенно в сравнении с обычными британскими железными дорогами. Между тем компании HS1 приходится искать баланс между привлекательным предложением для операторов перевозок и обеспечением доходов, достаточных для выполнения программ текущего содержания и обновления.

Британский регулятор Office of Rail and Road (ORR) подтвердил повышение платы за доступ к инфраструктуре и переход к модели расчета на покилометровой основе вместо поминутной для операторов пассажирских перевозок. HS1 в третьем 5-летнем периоде (CP3) будет получать 2086,72 ф. ст. за пропуск каждого поезда Eurostar, 1550,25 ф. ст. - за поезд оператора LSER сообщением Лондон- Сент-Панкрас - Ашфорд и 809,80 ф. ст. - за поезд сообщением Лондон- Сент-Панкрас - Эббсфлит. Эти величины соответствуют повышению платы на 19 % относительно периода CP2. Операторы грузовых перевозок должны платить 8,48 ф. ст. за поезд-км, или на 12 % больше, чем в годы периода CP2. Однако эти величины все же меньше, чем запрашивала HS1, а именно на 43 % ниже для международных пассажирских сообщений, на 25 % ниже для внутренних пассажирских сообщений и на 74 % - для грузовых

поездов. Для HS1 это выливается в недополучение 12,3 млн ф. ст. для программ обновления. ORR со своей стороны мотивирует принятое решение интересами пассажиров и покупателей.

Предложение операторами новых услуг, безусловно, зависит от спроса со стороны пользователей. Пандемия уже повлияла на модели спроса со стороны пассажиров и потребует изменения методов работы операторов. Вполне вероятен уход от модели продаж сезонных билетов в силу изменения трудовых отношений. Однако с ростом доли работающих дистанционно и сокращением пассажиропотока в рабочие дни вероятно увеличение числа разовых поездок по выходным.

По некоторым прогнозам, в Кенте объем пассажирских перевозок может восстановиться до допандемийного уровня к 2025 г. Выполнение программы вакцинации также даст начало положительной тенденции роста, однако первые месяцы 2021 г. будут критичными для операторов международных сообщений и компании HS1.

Материалы компании HS1 ([highspeed1.co.uk](https://www.highspeed1.co.uk)); International Railway Journal, 2021, № 1, pp. 20 - 21.

SJ продолжит выполнение инвестиционных программ

Пандемия повлияла на доходы шведского оператора пассажирских перевозок - компании SJ, как и многих других в мире, но созданный в предыдущие годы запас прочности достаточен для продолжения программ обновления подвижного состава и планирования новых предложений.

Государственная компания SJ - национальный оператор пассажирских перевозок, как и операторы других европейских стран, пострадала от падения объема перевозок в силу ограничений, исключая любые поездки, кроме жизненно необходимых. В третьем квартале 2020 г. SJ отметила падение пассажиропотока на 53 % относительно аналогичного периода предыдущего года, в результате доходы от продаж билетов снизились с 2048 млн швед. крон до 1359 млн, что вылилось в убыток 289 млн по сравнению с прибылью 176 млн в третьем квартале 2019 г. Более масштабными были потери во втором квартале 2020 г., когда первая волна ограничений по пандемии привела к падению объема перевозок на 77 %, хотя в Швеции характер ограничений отличался от принятых в других странах Европы. Гражданам скорее рекомендовали, чем



требовали от них отказываться от поездок. К концу года падение доходов сократилось до величины 20 %.

SJ является крупнейшим оператором в стране, сеть обслуживаемых маршрутов охватывает всю территорию Швеции. Предыдущие успешные в финансовом

отношении годы позволили создать компании запас прочности, необходимый в текущей ситуации для продолжения реализации намеченных планов по приобретению новых поездов и других программ развития.

Так, планируется продолжить инвестиционную программу стоимостью 16 млрд швед. крон по приобретению нового подвижного состава, включая проект Delta по обновлению парка междугородных поездов X2000 и вагонов ночных поездов. Однако пока не завершена процедура по оформлению закупки 40 электропоездов для движения со скоростью 250 км/ч в рамках этой программы. Тем не менее в 2021 г. SJ планирует запустить тендерный процесс по программе Zeta, предусматривающей замену парка региональных поездов.



SJ продолжает переход на цифровые технологии. В 2019 г. консалтинговая компания Bearing Point поместила оператора пассажирских перевозок на вторую позицию в национальном рейтинге Digital Leaders с опережением таких лидеров в области цифровых технологий, как Spotify и Ikea. Особо

отмечались удобство и доступность пользовательских приложений и их персонализация. Наличие разнообразных каналов связи с пассажирами и приложений подтвердило свою эффективность на фоне пандемии. Так, пассажиры имели возможность выбрать менее загруженный поезд и зарезервировать удобное место. В 2020 г. компания с тем же числом баллов сместилась на седьмое место.

Приложение SJ получило одобрение пользователей услуг оператора в Норвегии, где порядка 10 тыс. чел. вступили в программу лояльности SJ Prio. В Норвегии дочернее подразделение SJ Norway выиграло контракт на обслуживание перевозок в сообщении Осло - Бодё и еще пяти линий на севере страны в июне 2019 г. Контракт вступил в силу год спустя, и в октябре 2020 г. SJ Norway сообщило, что выполнены все требования заказчика и получена высокая оценка оказываемых услуг. Оператор SJ Norway получил поддержку со стороны правительства Норвегии в рамках программы компенсации потери доходов в условиях пандемии.

Рынок транспортных услуг Швеции - один из немногих в Европе, открытых для конкуренции, и SJ положительно оценивает результаты либерализации. Так, конкуренция между операторами MTR и SJ в междугородном сообщении Стокгольм - Гётеборг фактически привлекла на железные дороги новых пассажиров и способствовала росту рынка. Динамику этого рынка отражают два контракта, заключенные в декабре 2020 г. SJ получила контракт на обслуживание 10 линий региональной сети Kråsategen в течение 10 лет начиная с декабря 2021 г., но уступила контракт на перевозки по сети Malardalstraik (Стокгольм - Меларен) в течение 8 лет оператору MTR Jota и контракт на перевозки ночными поездами в сообщении Стокгольм - Эстерсунд - Кируна - Нарвик Государственным железным дорогам Норвегии (DSB Group), после ребрендинга в 2019 г. получившим название Vy. При этом SJ сохранила право на перевозки ночными поездами на маршрутах Умео - Гётеборг и Умео - Стокгольм, причем с сокращением времени поездки начиная с декабря 2020 г., а также в сообщениях Стокгольм - Дувед (Емтланд) и Дувед - Гётеборг.

В Швеции большое внимание уделяют ночным поездам. Правительство страны в июле 2020 г. одобрило планы по организации ночных сообщений Мальмё -

Брюссель и Стокгольм - Гамбург. Оператору инфраструктуры железных дорог Швеции Traikverket поручено обеспечить эти сообщения к 1 августа 2022 г.

Рост спроса на ночные поезда получил отражение в планах частного оператора Snälltåget, который запустил продажи билетов на поезда Стокгольм - Мальмё - Копенгаген - Гамбург - Берлин с отправлением первого поезда 27 марта 2021 г.

Материалы компании Statens Järnvägar (www.sj.se); International Railway Journal, 2021, № 1, pp. 22 - 23.

Китай - развитие железных дорог как фактор урбанизации

Темпы урбанизации в Китае можно отнести к самым выдающимся в истории человечества. В 1978 г., к началу реализации политики реформ и открытости, городское население составляло 171 млн чел., или 17,9 % всех жителей страны, в 2016 г. выросло до 783 млн (56,8 %), а к 2030 г. может преодолеть рубеж 1 млрд чел.



Государство играет главную роль в политике ускоренной урбанизации Китая не в последнюю очередь потому, что, как показывают исследования, темпы урбанизации коррелируются с темпами экономического роста.

В планы страны входит развитие 19 городских кластеров, три из них центральное правительство наделило наивысшим приоритетом: это регион Пекин-Тяньцзинь-Хэбэй, Дельта Янцзы и Район Большого залива Гуандун-Гонконг-Макао.

В декабре 2020 г. Национальная комиссия по развитию и реформам (NDRC) обнародовала планы по строительству в ближайшие 5 лет 10 тыс. км междугородных и городских железных дорог в этих трех регионах. В первые 3 года предстоит соорудить 6000 км новых линий по стандартам строительства современных междугородных и внутригородских линий. К 2025 г. сеть региональных и городских железных дорог свяжет агломерации поездками продолжительностью 1 - 2 ч, а внутри агломераций появится сеть пригородных маршрутов с длительностью поездок до 1 ч.

Регион Пекин-Тяньцзинь-Хэбэй

Каждый из трех упомянутых регионов является важным элементом в национальной экономической стратегии. Регион Пекин-Тяньцзинь-Хэбэй, также известный как кластер Цзин-Цзинь-Цзи, или столичная экономическая зона, - крупнейший на севере Китая с населением около 120 млн чел., проживающим на площади более 200 тыс. км(2). В него входят районы вокруг Пекина, Тяньцзиня и на побережье залива Бохайвань Желтого моря, в том числе 11 городов в провинции Хэбэй. Динамичное развитие этого региона приближает его по значимости к двум другим. В 2019 г. ВВП региона превысил 8 % ВВП страны.

Пока Пекин как столица доминирует в регионе, но в ближайшем будущем ситуация должна измениться в рамках плана интеграции Тяньцзиня и провинции Хэбэй в кластер мирового уровня с Пекином в центре.

Дельта Янцзы

Второй кластер - Дельта Янцзы представляет собой треугольной формы мегаполис с вершинами в Шанхае и провинциях Цзянсу и Чжэцзян. В мегаполис



входят также города Хэфэй, Нанкин, Сучжоу, Ханчжоу, Шаосин, Нинбо и Чжоушань. В 2019 г. ВВП региона приблизился к 20 % национального. На территориях суммарной площадью 99,6 тыс. км(2) проживают более 125 млн чел., в том числе 95 млн - жители городов. Этот регион, на который приходится около 10 % населения Китая,

является одним из самых быстрорастущих и богатых регионов Восточной Азии. В национальной стратегии экономического развития этому региону отводится роль лидера в ситуации нестабильности на мировых рынках.

В условиях потрясшей весь мир пандемии COVID-19 и обострения напряженности в отношениях с США Китай намеревается приступить к реализации новой экономической модели под названием dual circulation strategy (стратегия двух контуров), которая предположительно станет основой 14-го пятилетнего плана развития страны на 2021 - 2025 гг. В новой модели предполагается взаимодействие двух экономических контуров - внутренней и внешней торговли, причем с более весомым акцентом на отечественный рынок. В мае 2020 г. центральное руководство Китая объявило, что собирается в полной мере развивать преимущества суперкрупного рынка потребления страны с населением более 1400 млн чел.

Для запуска внутреннего контура Китаю необходимо обеспечить рост доходов населения и наращивать потребление товаров и услуг. Ключом к решению этой задачи рассматривается ускоренная урбанизация за счет превращения миллионов мигрирующих рабочих в городских жителей и увеличения прослойки среднего класса, к которому относят порядка 400 млн жителей страны.



Район Большого залива

Третий кластер - Район Большого залива охватывает территории площадью 56 тыс. км(2) вокруг дельты реки Жемчужной, включая специальные административные районы Гонконг и Макао, а также девять крупных городов провинции Гуандун: Гуанчжоу, Шэньчжэнь, Чжухай, Дунгуань, Фошань,

Чжуншань, Цзянмынь, Хойчжоу и Чжаоцин. Этот регион с населением около 72 млн чел. является крупнейшим и богатейшим в Южном Китае с долей 12 % в национальном ВВП.

План преобразования региона, обнародованный в феврале 2018 г., предусматривал его развитие в масштабах Токио или Сан-Франциско, с более тесной интеграцией Гонконга и Макао с континентальными городами. В мае 2020 г. Народный банк Китая и три центральные администрации выпустили новые директивы в поддержку финансовой реформы и открытия региона. Они включают 26 мероприятий по либерализации валютной политики в регионе. План преобразования региона также направлен на поощрение конкуренции между городами региона с точки зрения развития большей инвестиционной привлекательности и инновационного климата. В то же время предусматривается дифференциация ролей Гуанчжоу, Шэньчжэня и Гонконга - крупнейших и процветающих городов региона. Так, Шэньчжэнь должен укреплять свои позиции в сфере развития технологий, Гуанчжоу - решений в области транспорта, Гонконг - финансов и иностранных инвестиций.

Планы по углублению интеграции в пределах этих трех регионов и между ними будут способствовать ускорению темпов урбанизации и тем самым росту в региональном и национальном масштабах.

Материалы Национальной комиссии по развитию и реформам, NDRC (www.ndrc.gov.cn); *Railway Gazette International*, 2021, № 1, p. 35.

Автоматическое опробование тормозов и цифровизация в сфере грузовых перевозок

Автор: А. Ефремов

В последние годы ведущие железные дороги Европы приступили к широкому внедрению бортовых датчиков на грузовых вагонах и реализуют пилотные проекты, направленные на повышение уровня автоматизации грузовых перевозок. Одно из технических решений, разработанных совместно австрийской компанией PJM и грузовыми операторами SBB Cargo (Швейцария) и Rail Cargo Austria (Австрия), позволяет автоматизировать опробование тормозов грузового поезда (рис. 1), что значительно сокращает время на подготовку к рейсу и повышает готовность системы грузовых перевозок. Подобная технология применяется также во Франции с использованием разработок местной компании Traxens (см. «ЖДМ», 2020, № 5, с. 63 - 67).



Опробование тормозов необходимо для каждого вновь сформированного состава и в случаях, если время стоянки грузового поезда превышает 24 ч. Полное опробование тормозов поезда длиной 400 м из 20 вагонов занимает примерно 40 мин. Только оператор SBB Cargo ежедневно проводит сотни операций опробования

тормозов, причем для эксплуатационного персонала это весьма утомительная и отчасти опасная работа, которую приходится выполнять при любых погодных условиях. В связи с этим во многих европейских странах профессия осмотрщика вагонов потеряла привлекательность, а железнодорожные операторы сталкиваются с недостатком соответствующего персонала. Это стало одной из главных причин поиска технических решений для автоматизации опробования тормозов для европейских железных дорог. Кроме того, потери времени на опробование тормозов негативно влияют на конкурентоспособность железных дорог по сравнению с автомобильным транспортом. В связи с этим операторы SBB Cargo и Rail Cargo Austria, а также компания PJM в 2017 г. подписали соглашение о совместной разработке системы автоматического опробования тормозов на основе открытых стандартов с использованием бортовых датчиков, телекоммуникационных и облачных технологий. Эта система должна стать одним из ключевых элементов интеллектуального грузового поезда. Тестирование первых трех испытательных поездов началось уже в августе 2017 г.

Требования к автоматическому опробованию тормозов

Разработка и внедрение системы автоматического опробования тормозов предполагает выполнение большого числа требований, которые можно разделить на три категории.

Требования общего характера предполагают реализацию всех условий безопасности в отношении как подвижного состава, так и эксплуатационного процесса. При этом эксплуатационный персонал взаимодействует с системой опробования тормозов, а грузовой вагон становится интерактивным объектом. Возникает необходимость определить новые интерфейсы взаимодействия, причем как с административных позиций, так и в отношении технологических процессов, сопряжения устройств и их технического обслуживания. Важно, что процедура автоматического опробования тормозов должна быть интегрирована в систему, охватывающую эксплуатируемый подвижной состав. При этом контроль за состоянием тормозов не должен оказывать влияния на тормозную систему и процесс торможения. При разработке системы необходимо учитывать все соответствующие нормативные и эксплуатационные регламентирующие факторы. Результаты опробования тормозов должны отображаться на экране планшета и автоматически передаваться на сервер оператора грузовых перевозок с включением данных по каждому вагону. Еще одним условием является возможность проведения традиционного опробования тормозов в любое время на случай, если в работе автоматизированной системы произошел сбой или отказ.

Требования второй категории касаются жестких условий работы оборудования на железнодорожном транспорте. Естественно, оборудование для автоматического опробования тормозов должно быть рассчитано на надежную работу в условиях больших перепадов температуры, давления и влажности воздуха, при дожде, снеге, вибрациях и ускорениях, удовлетворять требованиям электромагнитной совместимости, в том числе на устройства контроля свободы пути.

Третья категория требований касается соблюдения соответствующих европейских стандартов, в том числе EN 50126, EN 50129 и др.



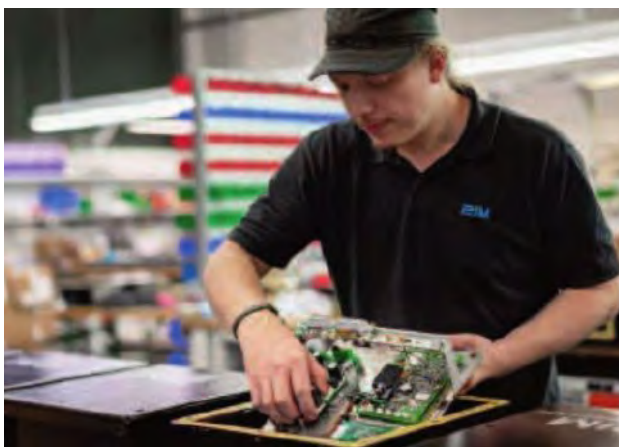


Бортовое оборудование на вагоне

Базовым элементом бортового оборудования вагона для автоматического опробования тормозов в данном проекте является телематическая система Waggon Tracker компании PJM, в состав которой входит электрогенератор (рис. 2, 3 и 4), встраиваемый в концевую крышку вагонной буксы. Ротор и статор этого генератора имеют

бесподшипниковое исполнение, диапазон рабочих температур - от -25 до +60 °С. Эта бортовая система, разработанная компанией PJM, доступна на рынке и применяется грузовыми операторами SBB Cargo, Rail Cargo Austria и Mercitalia (Италия).

Бортовая система имеет два исполнения - стандартное Waggon- Tracker STD, в котором приемник GPS, GSM-модем, аккумуляторная батарея и электронный модуль встраиваются в крышку буксы (см. рис. 3), и исполнение WaggonTracker ADV с расширенными функциями, при котором модуль электроники и аккумуляторную батарею размещают в отдельном устройстве (рис. 5 и 6) и дополняют разнообразными датчиками.



Собираемые датчиками данные могут быть разделены на две категории: базовые и расширенные. К базовым относятся: данные о пробеге вагона, его текущем местоположении, последнем извещении, последнем перемещении, стране нахождения, ближайшем городе, ретроспективная информация, сведения о нахождении в пределах виртуальных географических зон (geofencing), направлении движения, данные о пробеге конкретной тележки.

Расширенные данные включают: сведения о динамике движения, состояние загрузки, температуру буксовых подшипников, визуальное отображение равномерности загрузки вагона (включая контроль допустимой загрузки) при помощи размещенных на его раме световых сигнализаторов (рис. 7), фиксацию схода с рельсов, состояние тормозов последнего вагона поезда, диагностику неисправных тормозов вагонов, контроль полносоставности поезда и др.



При помощи датчиков контролируются данные состояния каждого вагона:

- измеряется давление в тормозных цилиндрах с целью инспектирования функциональной пригодности служебного тормоза;

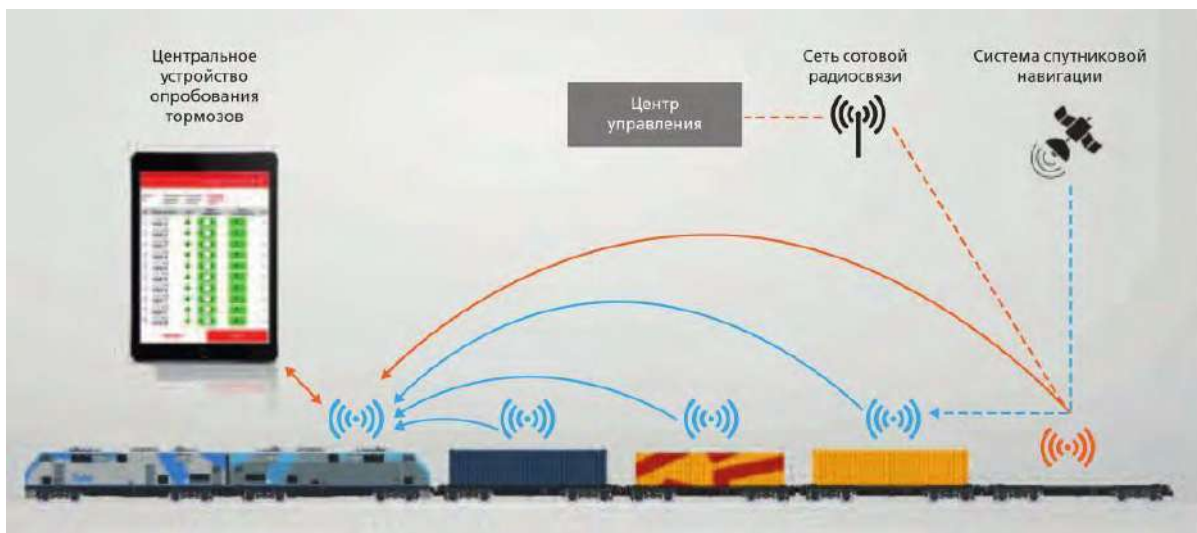
- измеряются силы на тормозной тяге для проверки ручного и служебного тормоза;

- определяется положение

переключателей грузевого и порожнего состояния вагона, а также режима грузовой/пассажирский для проверки состояния тормозов после завершения подготовки поезда к рейсу;

- определяется местоположение каждого вагона (с привязкой к конкретному пути) для верификации корректного формирования поезда.

Обмен информацией между всеми вагонами (в том числе разных собственников) и локомотивом поезда осуществляется по локальной системе радиосвязи. Эта внутрипоездная коммуникационная система с высокой эксплуатационной готовностью обеспечивает установку соединений с криптографической защитой, использует открытые интерфейсы и соответствует стандартам эксплуатационной совместимости, позволяя интегрировать бортовые телекоммуникационные устройства в единую среду.



Центральное устройство опробования тормозов

В качестве центрального устройства используется стандартный планшетный компьютер (рис. 8), дополненный модулем радиосвязи для обмена информацией с вагонами. Он подключен к серверу криптографических ключей и к ИТ-системе оператора грузовых перевозок. Сервер криптографических ключей обеспечивает информационную безопасность и эксплуатационную совместимость, ИТ-система оператора перевозок отвечает за составление вагонных листов и протоколов.

В этом планшетном компьютере работает приложение опробования тормозов. На его экране ответственный за эту процедуру может видеть результаты опробования - номера вагонов, состояние пневматического и ручного тормоза. Интерфейс приложения спроектирован с целью максимально упростить управление и при этом наглядно и информативно отобразить результат опробования тормозов (рис. 9).



Перспективы

Автоматизация опробования тормозов является одним из ключевых направлений развития современных грузовых железнодорожных перевозок и способствует повышению эффективности работы всех участников перевозочной деятельности:

- железнодорожные операторы экономят время и ресурсы, повышают безопасность движения и получают возможность более гибко организовывать эксплуатационный процесс и решить нарастающую проблему недостатка персонала. У них появляется возможность более эффективно использовать рабочее время машинистов, вагонных мастеров и маневрового персонала, а также сократить длительность простоя вагонов и повысить перерабатывающую способность станций;
- внедряя автоматическое опробование тормозов, железные дороги получают немедленные позитивные эффекты даже с учетом затрат на развертывание системы, пересмотр технологических операций и переобучение персонала;
- для персонала, отвечающего за опробование тормозов, автоматизация позволяет улучшить условия труда;
- повышается конкурентоспособность грузовых железнодорожных перевозок, что отвечает целям современной европейской транспортной политики.

Пробег испытательных поездов, оборудованных системой автоматического опробования тормозов, превысил 1 млн км. В ходе тестирования в Швейцарии, а с 2018 г. - и в Австрии проведено более 500 операций опробования тормозов, а в целом тормозное оборудование поездов успешно прошло проверку посредством этой системы примерно 10 тыс. раз. К испытаниям присоединился также итальянский оператор Mercitalia, который оборудовал устройствами WaggonTracker около 100 вагонов, задействованных в мультимодальных перевозках, и летом 2019 г. провел функциональное тестирование системы автоматического опробования тормозов.

Все процессы, связанные с автоматическим опробованием и проверкой тормозов, документируются в системе, что позволяет непрерывно анализировать полученные данные и использовать их для дальнейшего совершенствования технологии.

Можно рассчитывать, что в ближайшее десятилетие системы автоматического опробования тормозов станут неотъемлемым элементом грузовых перевозок наряду с другими средствами автоматизации технологических процессов в грузовых перевозках.

В статье использованы материалы компании PJM (pjm.co.at), операторов SBB Cargo (www.sbbcargo.com), Rail Cargo (www.railcargo.com) и портала Privatbahn Magazin (privatbahn-magazin.de); Eisenbahntechnische Rundschau, 2020, № 12, S. 20 - 23.

Индия на пути к созданию поезда на водородном топливе

Индия, как и многие другие страны, стремится уменьшить выбросы парниковых газов на транспорте за счет перехода к использованию альтернативных источников энергии. В ближайшее время железные дороги Индии планируют представить опытный образец четырехвагонного поезда с питанием от водородных топливных элементов.



Предполагается, что первый индийский четырехвагонный поезд на топливных элементах выйдет из ворот тепловозоремонтного завода в г. Патиала (штат Пенджаб) к концу 2021 г. Испытания поезда позволят оценить потенциал внедрения водородного топлива для снижения выбросов соединений углерода на

железнодорожном транспорте, что предусмотрено планами правительства по повышению роли водородной энергетики.

Экономика Индии - одна из наиболее динамично развивающихся в мире. Бурный рост тяжелой промышленности и других отраслей привел к значительному увеличению выбросов парниковых газов, создаваемых как производственными предприятиями, так и транспортом (рис. 1). Согласно отчету Потсдамского института изучения изменений климата, в 2015 г. уровень вредных выбросов в стране достиг 3,6 млн Гт в пересчете на углекислый газ, или около 7 % общемирового значения. По величине выбросов парниковых газов Индия занимает третье место в мире.

Изменение климата из-за выбросов парниковых газов, главным образом CO₂, в последние годы признано одной из важнейших общемировых проблем. На промышленность сегодня приходится примерно треть, а на транспортный сектор - четверть мировых выбросов CO₂. Если тенденция сохранится, к 2050 г. выбросы от транспорта увеличатся на 55 %, причем 38 % мировых выбросов CO₂ будут приходиться всего на семь отраслей промышленности и транспорта.

По данным Международного транспортного форума, к 2050 г. мировые объемы грузовых и пассажирских перевозок вырастут в 3 раза, что обусловлено рядом факторов, прежде всего такими, как экономическая глобализация, увеличение численности населения, урбанизация, развитие туризма, рост международной торговли и изменение существовавших производственных связей. Последнее, в частности, проявляется в том, что все больше отраслей промышленности отказываются от предприятий полного цикла и предпочитают сосредоточиться на одной или нескольких ключевых технологиях, что в свою очередь порождает потребность в поставках комплектующих с заводов, которые могут быть рассредоточены по всему миру.

Поэтому весьма желательно перевести промышленность и транспорт на альтернативные источники энергии. Решению этой задачи способствует бурное

развитие технологий и снижение стоимости таких источников, стимулирующее расширение их использования.

Индия в рамках своего вклада в международные усилия по ограничению роста температуры в мире в пределах 1,5 °С стремится добиться полного устранения выбросов парниковых газов от тяжелой промышленности и транспорта к 2060 г. На транспорте для этого предпринимается ряд мер, среди которых стимулирование оснащения автомобилей четырехтактными двигателями внутреннего сгорания вместо двухтактных, переход на биотопливо или природный газ, а также использование электромобилей.



На железнодорожном транспорте также известны несколько способов уменьшения выбросов углерода. К ним относится, например, применение био- или синтетического топлива, водорода, а также переход на электрическую тягу (рис. 2). Индия вкладывает значительные средства в реализацию масштабной программы электрификации железнодорожной сети (см. «ЖДМ», 2019,

№ 8, с. 59 - 63). Появились примеры использования на рельсовом транспорте новых источников энергии, однако пока их внедрение носит ограниченный характер. Так, на туристической железной дороге колеи 1000 мм Nilgiri Mountain в штате Тамилнад проходит испытания тепловоз на биодизельном топливе (рис. 3). В г. Тируванантапурам (штат Керала) на территории парка в ноябре 2020 г. открылась первая в Индии железная дорога, по которой курсирует поезд, работающий на солнечной энергии (рис. 4). Создание подвижного состава, использующего в качестве топлива водород, станет еще одним важным средством в арсенале борьбы с изменением климата.



Преимущества водородного топлива

Пандемия COVID-19 заставила серьезнее, чем когда-либо, обратить внимание на экологические проблемы. Это способствовало росту интереса к альтернативным источникам энергии, в том числе и к водородному топливу. С ноября 2019 по сентябрь 2020 г. суммарная мощность проектируемых предприятий по производству водорода на основе экологически чистых технологий выросла в Индии с 3,5 до более 15 ГВт.

Правительство страны продвигает ряд инициатив, направленных на увеличение объемов производства водорода. Министерство новых и возобновляемых источников энергии и такие крупные игроки в сфере энергетики, как корпорации Indian Oil и National Thermal Power, взяли на себя обязательства по созданию необходимых производственных мощностей по всей стране и внедрению технологии топливных элементов. Ожидается, что благодаря значительным государственным и частным инвестициям объемы использования водорода к 2050 г. вырастут в 3 - 10 раз.

Следуя этим трендам, железные дороги Индии также начали изучать возможности использования для тяги поездов водородного топлива. В качестве альтернативы тепловозам и дизель-поездам на неэлектрифицированных участках рассматривался подвижной состав, получающий питание от топливных элементов и аккумуляторов. Однако для работы на протяженных тяговых плечах или с поездами большой массы требуются крупногабаритные и тяжелые аккумуляторы. Топливные элементы имеют меньшую массу, обеспечивают лучшие тяговые свойства и большой запас автономного хода. Расход водородного топлива получается меньшим, чем дизельного. Кроме того, уменьшается шум от работы силовой установки.

В отличие от дизельных двигателей при работе поездов на водородном топливе образуется только водяной пар. Благодаря этому обеспечивается минимальное выделение тепла и низкий уровень выбросов парниковых газов даже с учетом всего цикла производства водорода. При наличии соответствующей инфраструктуры водород безопасен в обращении, а заправлять подвижной состав можно достаточно быстро, что сокращает время его простоя.

Водород, получаемый из воды с использованием возобновляемых источников, например гидро- или солнечной энергетики, считается лучшим из альтернативных видов топлива с экологической точки зрения. Такой «зеленый» водород предпочтительнее «серого», вырабатываемого путем переработки ископаемого топлива, или «голубого», добываемого из природного газа.

Учитывая быстрый рост отрасли и значительный объем инвестиций в производство энергии из возобновляемых источников, можно предположить, что с 2030 по 2040 г. стоимость «зеленого» водорода может снизиться на величину до 65 %. Это сделает использование водорода экономически более выгодным по сравнению с ископаемым топливом, цены на которое, согласно прогнозам, будут расти в результате снижения предложения на рынке и изменения государственной политики. Ожидается также снижение затрат на производство топливных элементов за счет стандартизации компонентов.

Таким образом, водородную энергетику можно считать наиболее перспективной технологией, позволяющей достичь к 2030 г. климатически нейтрального уровня выбросов парниковых газов при эксплуатации железнодорожного транспорта.

Принцип работы топливных элементов

Существует несколько разновидностей топливных элементов, которые обычно классифицируют по типу используемого электролита: топливные элементы с

твердым полимерным электролитом (с протонообменной мембраной - PEM), щелочные, на основе фосфорной кислоты, твердооксидные, расплавно-карбонатные. Железные дороги Индии выбрали технологию PEM из-за низкой рабочей температуры (от 50 до 100 °С), малого времени запуска и простоты использования окружающего воздуха в качестве окислителя.

Топливные элементы непосредственно преобразуют химическую энергию в электрическую. Между электродами (анод для водорода и катод для кислорода) находится электролит, который разделяет образующиеся в процессе химической реакции ионы и свободные электроны.

Молекулы водорода поступают на анод и реагируют с его каталитическим покрытием, высвобождая электроны с образованием положительно заряженного иона. Поскольку электролит непроницаем для электронов, но проницаем для ионов, последние достигают катода, а электроны остаются на аноде. Таким образом возникает разность потенциалов, в результате чего по подключенной к топливному элементу цепи протекает электрический ток. На катоде ионы водорода воссоединяются со свободными электронами и реагируют с кислородом воздуха, при этом образуется водяной пар.

Один топливный элемент создает напряжение величиной 0,6 - 0,8 В, для получения более высоких напряжений применяется последовательное соединение элементов.

Мировой опыт

Сегодня такие страны, как Германия, Нидерланды, Франция, Республика Корея, Япония, Великобритания, вкладывают значительные средства в разработку подвижного состава на водородных топливных элементах с целью избавления от выбросов парниковых газов.

Начало применению водородного топлива на железных дорогах было положено в 2015 г., когда Alstom выбрала компанию Hydrogenics в качестве поставщика топливных элементов для своего моторвагонного поезда Coradia iLint. На крыше этого поезда размещены резервуары для хранения водорода и силовая установка. В результате реакции между водородом и кислородом воздуха в топливных элементах вырабатывается электроэнергия, которая используется для питания тяговых электродвигателей и зарядки расположенных под вагонами аккумуляторных батарей.

Поезд Coradia iLint, впервые представленный на выставке Inno-Trans 2016 в Берлине, имеет запас хода до 1000 км между дозаправками и по своим эксплуатационным характеристикам не уступает традиционным дизель-поездам, но при этом отличается меньшим уровнем шума и воздействия на окружающую среду. Два опытных поезда в сентябре 2018 г. поступили в опытную эксплуатацию на линию Букстехуде - Бремерферде - Бремерхафен - Куксхафен. Поезда были также продемонстрированы в других странах, в частности в Австрии и Нидерландах, где они успешно прошли испытания в марте 2020 г.

На сегодняшний день портфель заказов Alstom включает 41 поезд Coradia iLint. Первые 14 ед. поступят в эксплуатацию в Нижней Саксонии в 2021 г., а

остальные 27 ед. будут вводиться в эксплуатацию в регионе Рейн-Майн с конца 2022 г.

Оператор промышленного парка Infraserв Hochst на своей площадке в Гессене начал строительство заправочной станции для обслуживания парка поездов Coradia iLint, заказанных Fahma - дочерней компанией - оператором подвижного состава Транспортного объединения региона Рейн-Майн (RMV) в мае 2019 г. С декабря 2022 г. поезда должны поступить в эксплуатацию на маршрутах RB11 Франкфурт - Хехст - Бад- Зоден, RB12 Франкфурт - Кенигштайн, RB15 Франкфурт - Бад- Хомбург - Брандобендорф и RB16 Фридрихсдорф - Фридберг.

Ввод поездов Coradia iLint в регулярную эксплуатацию знаменует собой новый этап совершенствования транспортной инфраструктуры Германии в направлении улучшения экологических показателей. Страна становится лидером на пути к экологически чистому транспорту, что способствует предотвращению неблагоприятных изменений климата. Успешный опыт эксплуатации экологически чистых поездов, не требующих контактной сети, возможно, заинтересует и другие регионы Германии.

В Великобритании в июне 2019 г. был представлен опытный поезд HydroFlex, совместно разработанный лизинговой компанией Porterbrook и Университетом Бирмингема. В октябре 2020 г. прошли его первые испытания на магистральных путях. HydroFlex создан на основе электропоезда серии 319, который оснастили топливными элементами, что позволяет ему работать как на электрифицированных, так и на неэлектрифицированных линиях. При этом алгоритм действий машиниста при ведении поезда никак не меняется.

Кроме того, британская лизинговая компания Eversholt Rail совместно с Alstom работает над созданием моторвагонного поезда с топливными элементами, который соответствует требованиям габарита, принятым в Великобритании. Ожидается, что первый образец поезда серии Breeze, также построенный на основе существующего электропоезда, будет изготовлен в 2024 г.

Ведет работы в этом направлении и Франция. Национальное общество железных дорог Франции (SNCF) планирует ввести в эксплуатацию первый поезд на топливных элементах в 2022 г., а к 2035 г. рассчитывает полностью отказаться от дизельной тяги.

Созданное в рамках Европейской комиссии совместное предприятие Fuel Cells & Hydrogen утвердило грант в размере 10 млн евро на поддержку проекта FCH2RAIL общей стоимостью 14 млн евро на проектирование, разработку и испытания прототипа поезда на водородном топливе. Четырехлетний проект, стартующий в январе 2021 г., направлен на создание поезда, который по своим эксплуатационным характеристикам мог бы быть конкурентоспособен с существующими дизель-поездами. Разрабатываемые технические решения должны быть применимы как для нового подвижного состава, так и для поездов, проходящих модернизацию.

Партнерство возглавляет компания CAF, уже имеющая опыт работы с топливными элементами благодаря своему дочернему производству автобусов

Solaris. В число участников входит также Германский центр авиации и космонавтики DLR, национальный железнодорожный оператор Испании Renfe и оператор инфраструктуры Adif, автомобилестроительная компания Toyota Motor Europe, португальский оператор инфраструктуры железных дорог IP, национальный водородный центр Испании CNH2 и поставщик компонентов Faiveley Stemann Technik.

Для создания опытного образца выбран трехвагонный электропоезд Civia серии 463 постройки компании CAF. Он будет оснащен водородными топливными элементами и литий-титанатными аккумуляторными батареями, что даст ему возможность работать на неэлектрифицированных линиях. Испытания опытного поезда должны пройти в Испании, Португалии и еще одной стране, которая пока не определена.

В рамках проекта будут исследованы возможности использования тепла, выделяемого при работе топливных элементов, для повышения энергоэффективности. Программа также включает разработку новых и актуализацию существующих европейских технических стандартов.

Группа FS (Италия) подписала договор о намерениях с энергетической компанией Snam для оценки технической и экономической целесообразности использования водорода на железнодорожном транспорте. Планируется провести исследования вопросов производства, транспортировки, сжатия, хранения, заправки и использования водорода и разработать соответствующие бизнес-модели. Ранее Snam подписала 5-летнее соглашение с Alstom о разработке поездов на водородном топливе и необходимой для них инфраструктуры.

В Японии железная дорога JR East, признанная пионером в области использования альтернативных источников энергии благодаря своему поезду New Energy Train, выполненному в трех вариантах: аккумуляторном, водородном и гибридном, планирует в 2021 г. начать испытания еще одного водородного поезда. Новый подвижной состав будет рассчитан на скорость до 100 км/ч, на 2024 г. запланировано начало его серийного производства.

В Республике Корея Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта (KRRRI) также занят созданием поезда с питанием от топливных элементов. Разработку предполагается завершить в 2022 г. Ожидается, что дальность пробега поезда без дозаправки будет достигать 600 км, а максимальная скорость - 110 км/ч.

Индийский прототип

Железные дороги Индии завершили проектирование гибридного поезда на топливных элементах мощностью 300 кВт. Опытный образец планируется изготовить на заводе в Патиале путем модернизации серийного дизель-поезда с электрической передачей, что позволит сократить затраты времени и средств. Как и созданные в Европе поезда на водородном топливе, он будет иметь конструкционную скорость 140 км/ч. Поезд предполагается оснастить импортной силовой установкой на топливных элементах, а систему хранения

водорода и свинцово-кислотные аккумуляторные батареи изготовят индийские компании.

На крыше одного из четырех вагонов поезда установят легкие баллоны для хранения сжатого водорода. Батареи топливных элементов с протонообменной мембраной также будут расположены на крыше.

Для накопления энергии, вырабатываемой топливными элементами во время стоянок, планируется использовать свинцово-кислотные аккумуляторы. Они также обеспечат возможность рекуперативного торможения и помогут сгладить пики нагрузки во время движения. Для согласования напряжений в цепях топливных элементов и аккумуляторов предполагается применить статические преобразователи постоянного напряжения.

Первоначально для заправки опытного поезда будут использовать водород, являющийся побочным продуктом некоторых отраслей промышленности. В дальнейшем для этих целей предполагается наладить производство водорода на основе экологически чистых технологий.

Собственное производство водорода

Проводя исследования в области внедрения топливных элементов на подвижном составе, железные дороги Индии одновременно прорабатывают возможность организации собственного производства водорода методом электролиза воды с использованием энергии, получаемой из возобновляемых источников. В настоящее время эти исследования сосредоточились на двух вариантах такого процесса: с помощью наноматериалов и металлооксидных катализаторов.

Первый метод по существу аналогичен процессу фотосинтеза: в солнечные батареи добавляются специальные наночастицы, отделяющие водород от воды в присутствии солнечного света. У такого подхода два важных преимущества. Во-первых, эта технология не требует значительных расходов, а во-вторых, она позволяет не тратить ценный ресурс - чистую пресную воду, так как в качестве сырья можно использовать и морскую, и загрязненную сточную воду.

Второй метод - это электролиз с использованием недорогих катализаторов, например шпинелей (смешанных оксидов магния и алюминия). Электролиз - известный способ извлечения водорода из воды путем пропуска через нее тока, что вызывает химические реакции, в результате которых выделяются водород и кислород. Затем газы разделяют мембраной. Однако реакция протекает относительно медленно, что снижает энергоэффективность процесса. Искусственные шпинели, изготавливаемые из недорогих переходных металлов, зарекомендовали себя в качестве эффективных и при этом недорогих катализаторов, применение которых может ускорить процесс и уменьшить потери энергии.

Кроме того, изучаются методы производства «голубого» и «серого» водорода из биогаза или нефтяного сырья.

Индийские корпорации Indian Oil, Tata Motors и NTPC также занимаются исследованиями в области получения «зеленого» водорода и использования его в транспортных средствах, в частности в легковых автомобилях и автобусах

(рис. 5). Компания Reliance Industries объявила о своем намерении достичь к 2030 г. климатически нейтрального уровня выбросов парниковых газов за счет производства экологически чистого водорода и замены обычного топлива на «зеленую» электроэнергию и водород. Индийские компании также работают над созданием собственного полнофункционального электролизера и топливных элементов, сочетающих новейшие достижения цифровых технологий, силовой электроники, современных материалов и электрохимии.



Одна из ведущих мировых консалтинговых компаний FTI Consulting заключила соглашение с расположенным в Нью-Дели Институтом энергетики и ресурсов (TERI). Совместно они разработают дорожную карту развития водородной экономики Индии, предусматривающую внедрение «серого», «голубого» и «зеленого» водорода, возобновляемых источников энергии, технологий, способствующих уменьшению выбросов соединений углерода, а также реализацию исследовательских программ, которые позволят выяснить, насколько осуществимо и целесообразно будет использование водородного топлива в условиях Индии.

Материалы Indian Railways Organization for Alternate Fuels (www.iroaf.indianrailways.gov.in); B. Jain. Railway Gazette International, 2020, № 12, pp. 20 - 23.

Тяговые аккумуляторы для рельсового транспорта

Рельсовый транспорт находится на пороге широкомасштабного внедрения подвижного состава, оснащенного тяговыми аккумуляторными батареями. Аккумуляторы предполагается использовать также в качестве резервного источника энергии для подвижного состава с питанием от топливных элементов. При этом необходимо принимать во внимание ряд существенных факторов.

В соответствии с Зеленым пактом для Европы (European Green Deal), принятым в декабре 2019 г., операторы транспортных систем в странах ЕС к 2050 г. должны снизить уровень выбросов парниковых газов на 90 %. Несмотря на то что железные дороги уже сейчас считаются наиболее экологически чистым видом транспорта, в отрасли имеются немалые резервы для дальнейшего сокращения выбросов соединений углерода, прежде всего за счет отказа от использования дизельных двигателей в пользу альтернативных решений, позволяющих наносить меньший ущерб окружающей среде. При этом следует исходить из того, что полная электрификация национальных железнодорожных сетей на основе традиционных систем тягового электроснабжения для большинства стран в обозримом будущем, по-видимому, нереальна. Следовательно, необходимо расширять применение на транспорте альтернативных источников энергии, чтобы снизить выбросы вредных веществ на неэлектрифицированных участках.

Некоторые операторы подвижного состава и инфраструктуры уже рассматривают возможности использования поездов, работающих на аккумуляторных батареях и топливных элементах, в том числе в сочетании с электрификацией отдельных участков («экономная» электрификация). При таком подходе монтировать контактную сеть предполагается только там, где затраты на реализацию этого решения минимальны, а поезда будут переключаться на работу от батарей, проходя участки, на которых электрификация нецелесообразна (рис. 1).



Меняющаяся ситуация на рынке способствует созданию тяговых батарей для подвижного состава, в которых используются литий-ионные аккумуляторы нового типа - литий-титанат-оксидные. Электрохимическая реакция, происходящая в таком аккумуляторе, может обеспечить достижение повышенной выходной мощности, быстроту зарядки и достаточно длительный срок службы.

Стоимость и экологическая эффективность

В настоящее время все больше фактов свидетельствуют о том, что сочетание выборочной электрификации и использования достижений в области совершенствования автономных источников питания позволит найти оптимальное решение проблемы снижения вредных выбросов на железных дорогах.

Норвежская администрация железных дорог Jernbanedirektoratet, изучив вопрос об экономической эффективности альтернативных технологий тяги, в 2019 г. опубликовала результаты своих исследований. Рассматривались возможности и стоимость жизненного цикла систем автономного энергоснабжения подвижного состава, основанных на использовании водорода, биогаза, биодизельного топлива, аккумуляторов, а также перспективы реализации планов частичной электрификации сети в течение 75-летнего периода. На основании проведенного анализа был сделан вывод, что выборочная электрификация является наиболее целесообразным решением для будущей транспортной политики страны.

В исследовании, выполненном в начале 2020 г. Германской ассоциацией электротехники, электроники и информационных технологий (VDE), были рассмотрены возможные варианты развития электрической тяги. Его результаты показали, что электропоезда, рассчитанные на питание только от контактной сети и от контактной сети или аккумуляторов, имеют сходную динамику затрат при 30-летнем сроке службы (рис. 2), в то время как для поездов, работающих от контактной сети и водородных топливных элементов, затраты примерно на треть больше.



В Великобритании Совет по безопасности и стандартизации на железнодорожном транспорте (RSSB) в 2018 г. провел сравнение негативного воздействия на окружающую среду (так называемого углеродного следа) различных видов тяги. Сделан вывод, что использование поездов, работающих на водородном и биодизельном топливе, представляет собой наиболее привлекательное решение. При этом обеспечивается практически нулевой уровень выбросов соединений углерода в месте эксплуатации поездов. Однако суммарный экологический эффект от электрификации определяется на основе баланса использования различных источников для выработки электроэнергии. Следует также оценить экономические и экологические аспекты производства, хранения и транспортировки водорода и биодизельного топлива.

Применение аккумуляторов на трамваях

Развертывание тяговых аккумуляторов началось прежде всего на городском рельсовом транспорте. В ряде городов возник вопрос о возможности открытия беспроводных участков линий трамвая. В определенной степени это было вызвано заботой об эстетике городской среды, особенно в исторических районах.

Ницца стала одним из первых городов, где такое решение было реализовано. В 2007 г. здесь была введена в эксплуатацию линия трамвая, на которой подвижной состав получает питание не от воздушной контактной сети, а от системы наземного токосъема, разработанной компанией Alstom. В дальнейшем в Ницце была внедрена система статической подзарядки, также созданная Alstom (см. «ЖДМ», 2018, № 9, с. 48 - 51). Вагоны Citadis постройки этой же

компании оснащены никель-металло-гидридными аккумуляторами, которые можно считать предшественниками современных литий-ионных аккумуляторов. Используя их, трамвай может проходить в автономном режиме расстояние, равное примерно 500 м, благодаря чему на участке между двумя историческими площадями в центре города - площадью Массена и площадью Гарибальди не требуется ни воздушная контактная сеть, ни наземная система питания, и вид на



местные достопримечательности не искажается (рис. 3).

Батареи аккумуляторов для вагонов трамвая Ниццы поставила компания Saft. Она продолжает оказывать долгосрочную техническую поддержку, предоставляя запасные части, оснастку и технические консультации.

Аккумуляторы используются также для питания тяговых цепей вагонов трамвая Avenio постройки компании Siemens, эксплуатируемых с 2016 г. в университетском комплексе Education City в Дохе (Катар, рис. 4). Батареи включены параллельно с суперконденсаторами, что позволяет обеспечить требуемые показатели мощности и энергии. Они заряжаются при рекуперативном торможении, а также во время стоянки от расположенных на остановках отрезков жесткой контактной подвески. На линии протяженностью 11,5 км предусмотрены 25 остановок, оборудованных для подзарядки.



На вагонах трамвая, эксплуатируемых в Дохе, установлены батареи на основе суперлитий-ион-фосфатных аккумуляторов, предназначенных для областей применения, где требуется значительная мощность. Используя модульный принцип, из них можно формировать блок питания, соответствующий требованиям

компании Siemens к характеристикам трамвая по мощности, емкости и напряжению.

Бирмингем (Великобритания) стал еще одним городом, где появились трамваи с питанием от аккумуляторных батарей. В рамках программы расширения сети рельсового транспорта облегченного типа West Midlands Metro с 2019 г. проводилась модернизация парка подвижного состава, насчитывающего 21 вагон Urbos постройки компании CAF. Батареи литий-ионных аккумуляторов, поставленные компанией Saft, размещены на крыше вагона (рис. 5). Используя аккумуляторы, вагон может пройти несколько километров. Благодаря такому решению в случае необходимости прокладки через центр города новых участков сети затраты на монтаж устройств электроснабжения не потребуются.



Магистральные линии

Для трамвая, как правило, характерны относительно короткие маршруты с определенным режимом работы (быстрый разгон, длительный выбег, интенсивное торможение), вследствие чего график электрической нагрузки для линий этого вида транспорта относительно прост. Однако региональные и тем

более междугородные сообщения имеют иную специфику, что необходимо учитывать при разработке подвижного состава с питанием от аккумуляторов или топливных элементов. Различия касаются, в частности, протяженности маршрутов, величины уклонов, частоты остановок и ряда других параметров. Кроме того, в отличие от линий трамвая в пригородном и междугородном сообщении поезд обычно насчитывает несколько вагонов и требует существенно больших затрат энергии.

Реализация принципа «экономной» (выборочной) электрификации, когда контактной сетью предполагается оборудовать только отдельные участки с наибольшей интенсивностью движения, также потребует изменения подхода операторов, эксплуатировавших дизель-поезда. Если обычно в региональных сообщениях дизель-поезда курсируют по маршрутам, протяженность которых не превышает 100 км, при выборочной электрификации предполагается, что запас автономного хода без дозаправки (подзарядки аккумуляторов) должен достигать 1000 км. На электрифицированных участках, а также, возможно, в пунктах зарядки, которые разместятся на станциях, аккумуляторы поезда будут подзаряжаться, чтобы поезд мог проходить относительно короткие неэлектрифицированные отрезки пути в автономном режиме. Аккумуляторы также будут накапливать энергию, выделяющуюся при рекуперативном торможении.



В настоящее время на рельсовом транспорте начинают применять современные литий-ионные батареи, основные параметры которых делают их пригодными для использования на магистральных линиях: достаточно высокая плотность энергии, компактные размеры, небольшая масса и приемлемая стоимость. Поезда с питанием от аккумуляторных

батареями и топливными элементами уже проходят испытания в нескольких странах мира (рис. 6). В ближайшие несколько лет может быть начато их серийное производство. Одновременно наблюдается тенденция к оснащению дизель-поездов аккумуляторными батареями вместо силовых установок, размещенных

под полом. Считается, что до четверти парка моторвагонного подвижного состава в Европе пригодно для такого переоборудования и этот процесс может быть завершен в ближайшие 5 лет.

Для поездов междугородных и высокоскоростных сообщений аккумуляторные батареи, возможно, будут служить в качестве резервных источников для питания в аварийных ситуациях, чтобы обеспечить движение с низкой скоростью, либо для маневровых передвижений по путям депо. В настоящее время такой подвижной состав выпускается в Великобритании и Японии, блоки аккумуляторных батарей на нем размещены под полом.

Литий-титанат-оксидные батареи

Достаточно широкое распространение, в том числе на подвижном составе, получили литий-ионные батареи. Собственно, этот термин является обобщающим для целого ряда химических источников тока.

Компания Saft освоила выпуск систем питания на основе литийионных аккумуляторов различных видов (рис. 7), включая литий-никель-марганец-кобальт-оксидные, суперлитий-железо-фосфатные и разработанные сравнительно недавно литий-титанат-оксидные.



Все они обладают достаточно высокими характеристиками по плотности энергии, мощности и безопасности, однако ни один из видов литий-ионных батарей не признан идеально пригодным для питания тягового подвижного состава. Тем не менее, возможно,

литий-титанат-оксидные аккумуляторы окажутся оптимальным вариантом, поскольку характеризуются безопасностью, надежностью и длительным сроком службы в тяжелых условиях.

Длительность их жизненного цикла в 3 - 5 раз больше по сравнению с другими литий-ионными аккумуляторами. Они быстро заряжаются, что важно для возможности регулярной подзарядки в условиях чередования электрифицированных и неэлектрифицированных участков. Кроме того, литий-титанат-оксидные аккумуляторы характеризуются широким диапазоном рабочих температур и высоким уровнем безопасности.

Недостатком таких аккумуляторов считается меньшая плотность энергии относительно массы и объема по сравнению с другими литий-ионными аккумуляторами. Однако этот фактор не является определяющим: проблему можно решить при масштабном применении таких аккумуляторов в блоках питания для подвижного состава. Компания Saft предложила выпускать свои литий-титанат-оксидные аккумуляторы в виде призматических элементов, а не традиционных цилиндрических.

При размещении цилиндрических элементов в корпусе блока питания в силу их формы между ними возникают воздушные зазоры, тогда как призматические

элементы максимально плотно заполняют пространство внутри корпуса. Это позволяет устранить нежелательные воздушные зазоры и разместить больше элементов при заданных габаритах, за счет чего эффект меньшей плотности энергии можно в некоторой степени компенсировать.

Сверхбыстрая зарядка

Еще одно существенное преимущество литий-титанат-оксидных аккумуляторов - возможность сверхбыстрой зарядки. Например, один элемент емкостью 28 А*ч рассчитан на зарядный ток, равный 280 А. Теоретически это позволяет перевести элемент из полностью разряженного состояния в полностью заряженное за 6 мин. Блок тяговых аккумуляторов емкостью 600 кВт*ч, собранный из призматических элементов, может достичь номинальной мощности, равной 2,4 МВт. При таких характеристиках факторами, ограничивающими потребление тока, могут быть параметры тяговой сети или пункта зарядки, но не способность батареи принять заряд.

В любом случае крайне маловероятно, чтобы аккумуляторы проектировали исходя из предположения, что они будут работать в диапазоне между нулевым и 100 %-ным уровнем заряда. Большинство изготовителей подвижного состава обычно устанавливает пределы заряда аккумуляторов в диапазоне от 15 до 85 % номинального уровня при нормальных условиях.

Выбор размеров и конструкции

При составлении технических требований к тяговой аккумуляторной батарее разработчикам подвижного состава необходимо знать потребность в энергии, в том числе в режиме наибольшего ее расхода - при разгоне поезда или преодолении подъемов, а также при минимальном расходе - в установившемся режиме при выбеге, когда энергия затрачивается только на преодоление аэродинамического сопротивления и питание бортового оборудования собственных нужд (устройств освещения, кондиционирования и т. п.). Следует учитывать прогнозируемое среднее энергопотребление в течение жизненного цикла подвижного состава или блока питания, а также возможные случаи пикового потребления при наиболее сложных условиях или их сочетании: при максимальной загрузке поезда, предельных уклонах, ухудшении характеристик сцепления и т. п.

Разработчикам необходимо также принимать во внимание график нагрузки для предполагаемой зоны эксплуатации, интенсивность режимов работы поездов и экологические аспекты, например местный климат и диапазон температур окружающей среды. Еще один существенный параметр - планируемый срок службы блока аккумуляторов. Обычно операторы ориентируются на срок службы, составляющий 8 - 15 лет, что соответствует периодичности капитального ремонта или замены других подсистем подвижного состава.

Все эти факторы важны при выборе размеров блока аккумуляторов. Каждый цикл заряда-разряда батареи означает изменение ее электрохимических характеристик, и это в конечном итоге снижает способность аккумулировать энергию. На скорость этих процессов влияет глубина циклов заряда и разряда, а также температура. Батареи будут стареть быстрее при глубоких циклах и при более высоких температурах. Один из способов достижения длительного срока

службы - увеличение размеров блока питания, что уменьшает продолжительность циклов заряда и разряда и замедляет старение. Однако это может вызвать дополнительные расходы на производство блока питания, а потребление энергии при этом не снизится. Напротив, слишком малые размеры батареи приведут к быстрому ее старению, и это не позволит обеспечить требуемый срок службы.

Оптимизация размеров блока питания требует глубоких знаний электрохимических свойств аккумуляторов и их поведения в реальных условиях эксплуатации. К батареям для рельсового транспорта предъявляются повышенные требования относительно срока службы, эксплуатационной готовности, уровня ударо- и вибростойкости.

Наряду с явлением старения будет важно исключить избыточную емкость батареи, чтобы обеспечить относительную эффективность передачи энергии. Большая емкость может потребоваться, когда поезд движется в режиме тяги и батарея не полностью заряжена. В то же время необходимо создать возможность принимать энергию рекуперации при торможении. Только с учетом всех этих параметров можно уверенно обеспечить требуемый срок службы и эксплуатационные характеристики тяговой аккумуляторной батареи.

Батареи будущего

Технология литий-титанат-оксидных батарей вполне сочетается с тенденцией к цифровизации железных дорог. Электронная система управления может предоставить информацию об эксплуатационных параметрах типичной литий-титанат-оксидной батареи на основе мониторинга состояния поезда и данных, получаемых из диагностических систем.

Заботясь о перспективе, компания Saft работает над программой создания твердотельных аккумуляторов. Их энергоемкость может быть почти в 2 раза больше по сравнению с существующими литий-ионными аккумуляторами; кроме того, они обладают улучшенными показателями безопасности. Появление твердотельных аккумуляторов позволит создавать батареи для тягового применения с меньшими размерами и большей мощностью, отличающиеся при этом меньшей стоимостью. Однако для этого прежде всего необходимо решить проблему разработки твердой альтернативы жидким электролитам, используемым в литий-ионных аккумуляторах в настоящее время.

Согласно прогнозам, технология производства твердотельных аккумуляторов может быть освоена уже к 2030 г. До этого времени изготовители по-прежнему ориентируются на производство литий-титанат-оксидных аккумуляторов, характеризующихся значительным сроком службы и возможностью быстрой зарядки.

Материалы компании Saft (www.saftbatteries.com); P. Prenleloup. Railway Gazette International, 2020, № 12, pp. 34 - 36.

Тоннель под Финским заливом

Продолжается подготовка к реализации амбициозного проекта строительства железнодорожного тоннеля длиной 103 км под Финским заливом между Эстонией и Финляндией. По мнению компании FinEstBay Area Development, координирующей проект, тоннель может быть готов к сдаче в эксплуатацию в декабре 2024 г. Он значительно сократит время в пути между Хельсинки и Таллином, объединив столичные регионы в единый мегаполис.

Хельсинки и Таллин, столицы Финляндии и Эстонии, находятся на расстоянии примерно 80 км друг от друга, однако создание высокоскоростного железнодорожного сообщения затрудняется необходимостью строительства тоннеля под Финским заливом Балтийского моря. На данный момент добраться из одной столицы в другую можно на пароме, время в пути - около 2 ч, а также воздушным транспортом, тогда путешествие занимает в среднем 35 мин. Однако в рамках проекта, продвигаемого с 2016 г., время в пути между этими городами может сократиться до всего лишь 20 мин после предполагаемого открытия 24 декабря 2024 г. тоннеля протяженностью более 100 км под проливом для движения высокоскоростных поездов (рис. 1). Это амбициозное предложение было выдвинуто и обсуждено на конференции стартапов и цифровых технологий Latitude59 в Таллине летом 2016 г. Ранее подобные идеи уже появлялись, но их признавали абсурдными и даже утопическими. Однако на конференции от критики смелой инициативы участники обсуждения перешли к тому, насколько реально воплотить ее в жизнь. После конференции Latitude59 планы по строительству подводного тоннеля Хельсинки - Таллин были обнародованы, вызвав неоднозначную (и подчас скептическую) реакцию в средствах массовой информации столицы Финляндии. Тем не менее в рамках развития будущего проекта была создана частная компания FinEstBay Area Development (FEBAU).

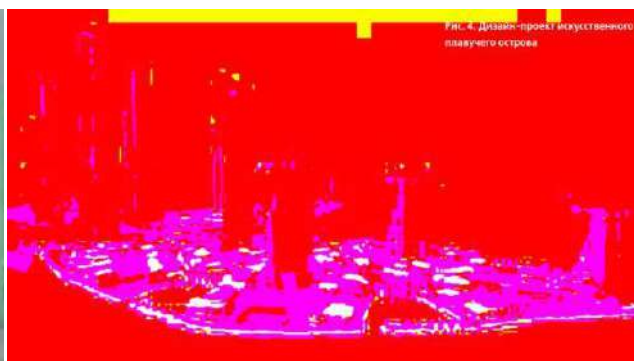


Стоимость проекта оценивается в 15 - 20 млрд евро, он предусматривает проходку тоннеля, соединяющего международные аэропорты Хельсинки (расположен в городе Вантаа, примерно в 17 км к северу от центра столицы) и Таллина. В случае завершения строительства он станет самым длинным железнодорожным тоннелем в мире. В перспективе возможно соединение тоннеля Хельсинки - Таллин со строящейся в рамках проекта Rail Baltica высокоскоростной магистралью протяженностью 870 км (рис. 2), предназначенной для смешанного грузопассажирского движения, которая свяжет Эстонию, Латвию и Литву с границей Польши. По сути, запуск этого тоннеля позволит вовлечь Финляндию в проект Rail Baltica, который в 2026 г. (предполагаемая дата открытия ВСМ) соединит ее с европейской железнодорожной сетью колеи 1435 мм. В идеале можно будет добраться из Хельсинки в Вильнюс или Варшаву всего за 4 - 5 ч и снизить нагрузку на окружающую среду.



Первоначально проект предусматривал строительство четырех станций (рис. 3). Станция Юлемисте расположится рядом с аэропортом Таллина, здесь пассажиры смогут совершить пересадку на магистраль Rail Baltica. Станция Исланд будет построена на искусственно созданном

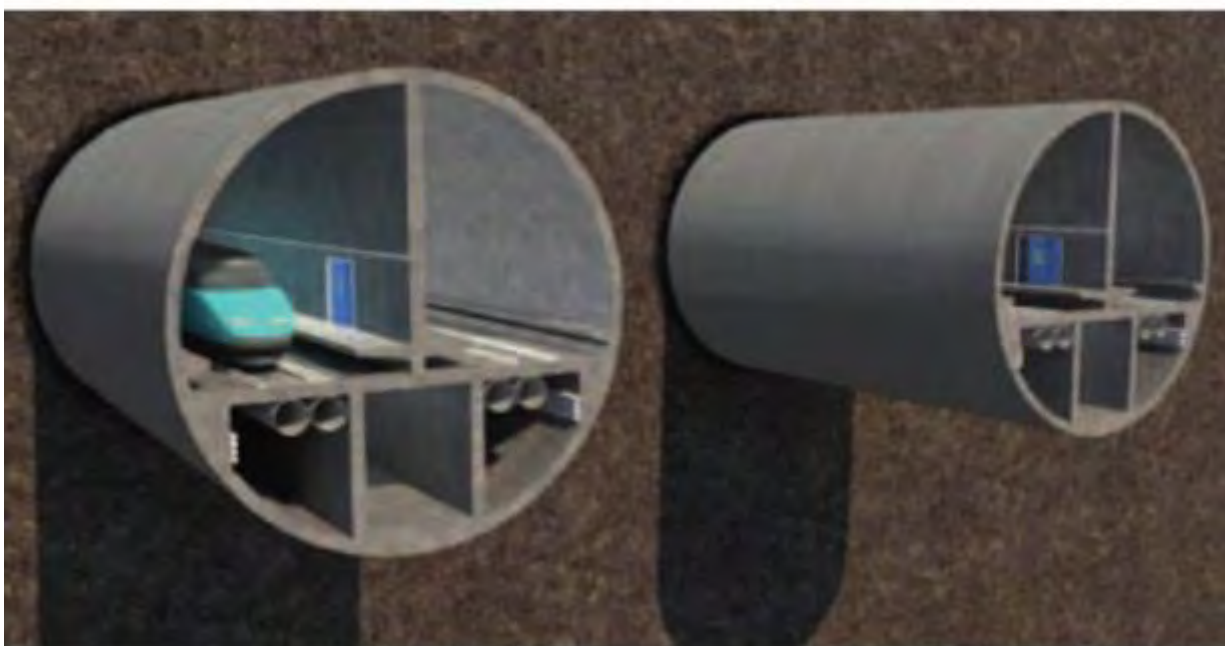
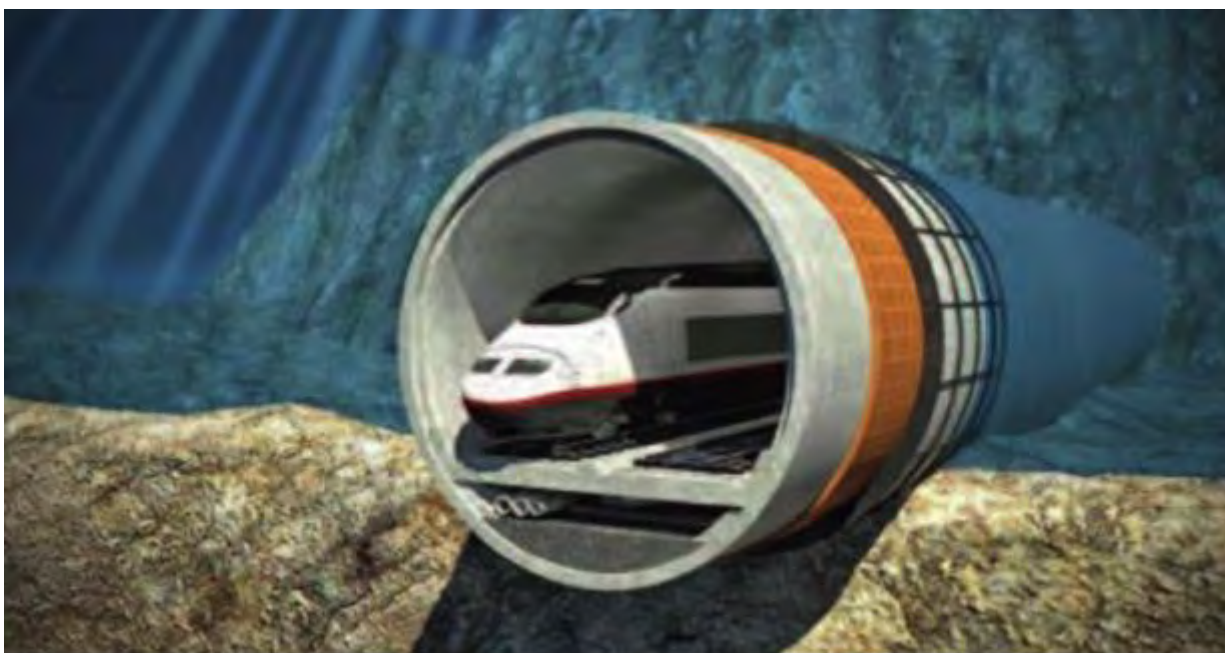
плавучем острове посреди Финского залива с использованием примерно 80 млн м(?) породы, извлеченной в процессе проходки тоннелей (рис. 4). Станция Отакейла откроется в районе Эспо на окраине Хельсинки, там пассажиры смогут перейти на станцию метро. На станции Авиаполис, обслуживающей аэропорт Хельсинки, пассажиры смогут совершить пересадку на поезда, следующие до городов Тампере, Турку, Оулу и Санкт-Петербург. Предложение о создании еще одной станции на искусственном острове у берегов Таллина было обнародовано позднее, в августе 2020 г.



К северу от аэропорта Хельсинки, в муниципалитете Туусула, планируется построить терминал, необходимый для обеспечения грузовых перевозок между Финляндией и странами Европы по магистрали Rail Baltica.

Как ожидается, проходку двух стволов тоннеля будут вести одновременно 16 тоннелепроходческих комплексов (изначально планировалось 12) диаметром по 17,4 м, благодаря чему удастся завершить проект в столь сжатые сроки (рис. 5). Для сравнения: строительство Евротоннеля под ЛаМаншем между Англией и

Францией длиной 50,5 км и стоимостью 4,65 млрд евро заняло 6 лет, а Готардского базисного тоннеля длиной 57 км под Альпами - 17 лет.



Тоннелепроходческие комплексы (ТПК) будут запущены с обоих концов тоннеля, а также с искусственных островов. Кроме того, для начала бурения может быть задействован существующий остров вблизи Хельсинки.

При условии одновременной работы 16 ТПК непосредственно прокладка тоннеля должна занять всего 2 - 2,5 года. В основном тоннель будет проходить через твердый гранит, частично - через песок и глину вблизи столицы Эстонии. Это даст возможность протестировать новые технологии, такие как плазменное бурение. Данный метод наиболее приемлем именно для твердых пород, подобных тем, через которые и будет проходить тоннель Хельсинки - Таллин. Идет поиск потенциальных поставщиков ТПК, рассматривались компании

Herrenknecht (Германия), Robbins (штаб-квартира в Северной Америке) и Hitachi (Япония), а также несколько китайских производителей.

Станция Исланд расположится на искусственном острове площадью 3 - 5 км(?), который будет создан с использованием породы, извлеченной ТПК при проходке тоннелей. Ведутся исследования насчет трех мест для сооружения этого острова, на расстоянии от 5 до 15 км от побережья Финляндии. На нем фактически появится новый город с высотными зданиями, в котором будут жить и работать около 50 тыс. чел. По оценке компании FEBAУ, это увеличит количество пассажиров, пользующихся подводным тоннелем, поскольку возрастет число деловых поездок.

О создании второго плавучего острова, так называемого Green Float Tallinn, было объявлено в августе 2020 г., его концепция разрабатывается корпорацией Shimizu (Япония) и компанией Blue21 (Нидерланды). Площадь наземной части острова составит 1,2 на 1,5 км. Конструкция острова позволит адаптироваться к изменениям уровня моря. Как ожидается, на плавучем острове будут построены жилые здания, учебные и развлекательные заведения. Основную зону планируется создать с использованием извлеченной во время проходки тоннеля горной породы, надежную защиту от волн и льда в зимний период обеспечат волнорезы. По замыслу разработчиков проекта, остров сможет самостоятельно обеспечивать себя водой и энергией (а частично - и продуктами питания), все ресурсы будут повторно использоваться или перерабатываться (в идеале планируется использовать только возобновляемые источники энергии), а отходов не будет вовсе. Плавучий остров станет удобным местом для жизни, учебы и отдыха на море. По мнению компании Blue21, общие цели Green Float Tallinn должны соответствовать стратегии развития Таллина. Дизайнпроект острова все еще находится в разработке (рис. 6). Обсуждение различных аспектов этого подпроекта с заинтересованными сторонами, особенно с жителями Эстонии, будет продолжаться для получения дополнительной информации и создания окончательного дизайна.



Идея подводного тоннеля ранее предлагалась в рамках проекта Fin Est Link, направленного на улучшение трансграничных транспортных сообщений между Хельсинки и Таллином. Проект был разработан в контексте сотрудничества между региональным советом Хельсинки, городом Хельсинки, транспортным агентством Финляндии (Vaylavirasto), Министерством экономики и коммуникаций Эстонии, городом Таллин и объединением муниципалитетов уезда Харьюмаа (Эстония). В контексте проекта FinEst Link в 2018 г. было проведено технико-экономическое обоснование (его финансирование осуществлялось за счет программы Европейского союза), в котором анализировали основания для строительства подводного железнодорожного тоннеля с грузопассажирским движением. Согласно ТЭО, создание подводного тоннеля заняло бы 15 лет с предполагаемой датой открытия в 2040 г., т. е. на 16

лет позже, чем тоннеля компании FEVAУ. Исследование также показало, что тоннель, предложенный региональными властями, имеет соотношение затрат и выгод от 0,16 до 1, в среднем - 0,45. Один из проблемных вопросов - неопределенность затрат на обслуживание и эксплуатацию такого тоннеля в будущем.

Тем не менее предельно жесткие сроки реализации проекта FEVAУ, как и все остальные данные, были проверены и подтверждены как осуществимые, а первоначальное техникоэкономическое обоснование, проведенное в 2018 г., было детально изучено международной компанией PricewaterhouseCoopers (PwC). Согласно прогнозам, подводный тоннель Хельсинки - Таллин полностью окупит себя за 37 лет эксплуатации.

Как ожидается, к 2040 г. тоннель сможет пропускать более 52 млн пассажиров в год, включая 22 млн чел. из тех, кто сейчас прибегает к услугам парома (рис. 7), и 11 млн чел., использующих воздушный транспорт для путешествия между Хельсинки и Таллином. Примерно 19 млн чел. - это потенциально новые пассажиры. В рамках реализации проекта будут созданы 24 тыс. рабочих мест в Финляндии и 6 тыс. в Эстонии. По прогнозам, суммарный экономический эффект составит 225 млрд и 47 млрд евро соответственно для экономик Финляндии и Эстонии к 2050 г.



Предварительные работы по оценке воздействия проекта FEVAУ на окружающую среду в Финляндии начались в июле 2018 г., более 60 различных организаций были вовлечены в эту процедуру. Аналогичный процесс в Эстонии был приостановлен из-за необходимости

предварительной разработки национального территориального плана. Создание данного плана должно было занять 3 мес, однако в связи с очередной сменой правительства и законодательства Эстонии в марте 2019 г. эти работы растянулись на 20 мес, что может серьезно задержать осуществление проекта тоннеля Хельсинки - Таллин. В любом случае реализовать столь масштабную инициативу без поддержки национальных правительств и других причастных организаций и региональных властей обеих стран невозможно. Одним из ключевых моментов разработки проекта должно стать более активное привлечение частного сектора к созданию устойчивого сообщения между странами.

Проект тоннеля также столкнулся с серьезными трудностями в Финляндии, когда региональный совет области Уусимаа, большинство участников которого составляют представители Хельсинки, проголосовал в июне 2020 г. за включение только одного варианта трассы в проект регионального плана землепользования до 2050 г. вместо трех вариантов прохождения тоннеля по территории Финляндии, предложенных компанией FEVAУ. Это решение было принято несмотря на то, что процессы оценки воздействия на окружающую среду в обеих странах еще не завершены (пандемия коронавируса замедлила



работы) и проводятся они до всесторонних геологических исследований. Собственно, по мнению компании FEBAU, информации для принятия окончательного решения о выборе трассы пока недостаточно, но в итоге это политическое решение местных властей может задержать реализацию глобального инфраструктурного проекта не

менее чем на 6 лет. По утверждению регионального совета, вариант подземного участка на территории финской столицы с возможностью сопряжения с существующими городскими маршрутами позволит сократить время поездки в пригородном сообщении.

Финансирование проекта

Первым участником финансирования проекта подводного тоннеля Хельсинки - Таллин стала строительная компания ARJ Holding, базирующаяся в Дубае, которая в декабре 2018 г. внесла 100 млн евро стартового капитала.

После этого в марте 2019 г. FEBAU и китайский фонд Touchstone Capital Partners (TCP) подписали протокол о намерениях, согласно которому на реализацию проекта фонд выделит 15 млрд евро. Одну треть финансирования составят прямые инвестиции и две трети - заемный капитал. Фонд TCP владеет миноритарным пакетом акций и берет на себя обязательства как участник, предоставляющий заемный капитал. При участии Touchstone Capital Partners планировалось создать структуру, через которую к проекту компании FEBAU будут привлекаться и другие инвесторы.

Еще один протокол о намерениях был подписан в июле 2019 г. FEBAU с китайскими партнерами: China Railway International Group (CRIG), фондом TCP, China Railway Engineering Company (CREC) и China Communications Construction Company (CCCC). Стороны договорились о подготовке в перспективе окончательных соглашений по вопросам проектирования и строительства подводного тоннеля (рис. 8), который согласуется с китайской инициативой One Belt One Road.

По мнению руководителей FEBAU, эти соглашения принесут в проект компетенции Китая в сфере строительства железных дорог. К концу 2020 г. протяженность высокоскоростных магистралей в Поднебесной составила 37,9 тыс. км, это больше, чем во всем остальном мире, вместе взятом. В отношении скорости создания новых линий у китайских строителей также нет равных в мире - и это может позволить открыть подводный тоннель Хельсинки - Таллин для движения поездов точно в срок. FEBAU приветствует участие в проекте новых партнеров, полагая, что Финляндия и Эстония не имеют достаточного опыта в области тоннелестроения и технологий организации высокоскоростного движения поездов.

Несмотря на ряд трудностей, в компании FEBAU считают, что проект все еще может быть завершен к 24 декабря 2024 г. Сейчас параллельно ведутся работы по нескольким подготовительным этапам (включая разработку дизайна и детальное планирование), что сокращает общее время реализации. Отдельные

вопросы, связанные с планированием, проектированием и оценкой окружающей среды, прорабатываются силами консорциума в составе компаний EF Rouge, AINS и FIRA. Интересно, что в железнодорожных кругах уже не ставят под сомнение осуществимость этой амбициозной инициативы, более скептически относясь к временной шкале.

Руководители проекта взаимодействуют с различными стартапами. Один из примеров - технологическая компания HeadAI (Финляндия), разработавшая приложение на основе технологии искусственного интеллекта, которое применяется для оценки продвижения проекта тоннеля Хельсинки - Таллин в отношении целей устойчивого развития Организации Объединенных Наций. Измерения производятся в режиме реального времени с использованием конкретных данных из актуальной проектной документации. В компании FEBAY твердо намерены достичь соответствия проекта тоннеля 17 целям в области устойчивого развития ООН, направленным на решение глобальных проблем, включая изменение климата и ухудшение состояния окружающей среды.



Если все пойдет по графику и в ближайшем будущем не будет серьезных сбоев, то уже в 2024 г. появится возможность легко отметить Рождество в обеих столицах, ведь поездка по тоннелю между ними займет всего 20 мин. Билеты на поезд уже можно приобрести на сайте компании FEBAY, стоимость проезда в

одну сторону составляет 50 евро, билет действителен в течение одного года с момента начала эксплуатации тоннеля. Также можно приобрести годовой безлимитный абонемент стоимостью 1000 евро. Если этот крупнейший в Европе проект развития транспортной инфраструктуры удастся завершить в срок, могут измениться способы и подходы к реализации подобных железнодорожных инициатив во всем мире (рис. 9).

Материалы компании FinEstBay Area Development (inestbayarea.online); International Railway Journal, 2020, № 11, pp. 28 - 30.

Рекуперация на линиях постоянного тока железных дорог Испании

Железные дороги Испании первыми в мире начали внедрять рекуперативное торможение на линиях, электрифицированных на переменном токе. Однако на большей части сети в стране используется постоянный ток напряжением 3 кВ. На основе разработок, выполненных первоначально для метрополитена, национальный оператор инфраструктуры Adif Alta Velocidad (Adif AV) работает над расширением применения рекуперации на линиях постоянного тока.

В 2019 г. компания Adif AV, в ведении которой находятся сети тягового электроснабжения как высокоскоростных, так и обычных железнодорожных линий, ввела в эксплуатацию в разных районах Испании шесть реконструированных подстанций, снабженных накопителями энергии, которая выделяется при рекуперативном торможении поездов, получающих питание от сети постоянного тока напряжением 3 кВ. Энергия рекуперации, аккумулированная накопителями, возвращается в систему внешнего электроснабжения или служит для питания вспомогательного оборудования, расположенного вдоль линии. Первые полученные результаты оказались весьма многообещающими, и в настоящее время готовится ввод в эксплуатацию еще шести подстанций, что может открыть путь к более широкому внедрению подобных систем.

Очевидно, что постепенный отказ от использования ископаемого топлива для выработки электроэнергии в среднесрочной перспективе будет способствовать увеличению нагрузки на национальную энергосистему, что вызывает необходимость осуществления мер по экономии энергии. Реализовать рекуперативное торможение на постоянном токе сложнее, чем на переменном, из-за трудностей преобразования энергии, и проект компании Adif AV был призван продемонстрировать, как рекуперация энергии и ее возвращение в национальную энергосистему помогут сократить выбросы диоксида углерода, снизить потребление энергии и эксплуатационные расходы.

Концепция рекуперативного торможения относительно проста. Тяговые электродвигатели подвижного состава в этом случае работают в генераторном режиме, преобразуя при замедлении поезда его кинетическую энергию в электрическую, пригодную для дальнейшего использования. Еще в 1890-е годы в Париже проводились эксперименты по оснащению электродвигателями передних колес экипажей на конной тяге. К началу 1900-х годов на линиях электрического трамвая применялось динамическое торможение для поддержания скорости под контролем на значительных уклонах, а рекуперированную энергию использовали для питания магниторельсовых тормозов вместо того, чтобы сжигать ее в тормозных резисторах.

Первый опыт на горной линии

Исторически Испания стала мировым лидером в области применения рекуперативного торможения в условиях сложного профиля пути на железных дорогах. В 1895 г. компания Compañia de los Caminos de Hierro Sur de España

завершила постройку однопутной линии длиной 250 км через горный массив Сьерра-Невада от Линареса и Баэсы к порту Альмерия. Линия использовалась для перевозок железной руды, которую из порта отправляли на экспорт.

Из-за значительных уклонов скорость движения по линии была очень низкой, особенно на участке протяженностью 20,8 км между станциями Санта-Фе-Альхама и Хергаль, где руководящий уклон был равен 25 %, а на некоторых отрезках пути достигал 29 %. В связи с этим пропускная способность линии была ограничена - за сутки по ней проходили не более 12 коротких рудовозных поездов, а теоретическое значение максимального объема перевозок составляло 735 тыс. т в год. Для увеличения этих показателей в 1909 г. было решено электрифицировать участок с максимальными уклонами, используя трехфазное напряжение 6 кВ частотой 25 Гц. Это был первый значимый проект электрификации линий колеи 1676 мм и единственный проект трехфазной системы тягового электроснабжения, реализованный в Испании. Компания Brown-Boveri, впоследствии вошедшая в состав корпорации АВВ, поставила для линии семь четырехосных электровозов мощностью 240 кВт (рис. 1).

Компания-оператор использовала рекуперацию настолько, насколько это было возможно в то время. Расписание движения поездов было построено так, что поезда, следовавшие на подъем и под уклон, встречались на станции Фуэнтесанта. Скорость груженых поездов контролировали, применяя динамическое торможение. Энергия, возвращенная в контактную сеть, использовалась для питания порожних поездов, следовавших в противоположном направлении. Такая система электроснабжения работала до закрытия рудников в 1996 г.

Несмотря на этот опыт эксплуатации системы электроснабжения переменного тока, в дальнейшем электрификация магистральных железных дорог Испании продолжалась на постоянном токе напряжением 3 или 1,5 кВ. Переменный ток начали вновь использовать только в 1992 г. на высокоскоростной линии Мадрид - Севилья, электрифицированной напряжением 25 кВ, частотой 50 Гц. Такие значения напряжения и частоты были приняты в качестве стандартных для всей сети высокоскоростных магистралей в стране.



Расширение использования рекуперации

В течение XX в. во всем мире на линиях, электрифицированных на переменном токе, рекуперативное торможение получало все более широкое распространение. Сокращение потребления энергии на тягу благодаря использованию рекуперации достигало 30 %. Железная дорога Malmbanan в Швеции даже

стала нетто-поставщиком электроэнергии для национальной энергосистемы, что было вызвано несоразмерностью потребления энергии груженными поездами, следующими под уклон, и порожними, идущими на подъем.

Однако на линиях, электрифицированных на постоянном токе, воспользоваться в полной мере потенциалом рекуперации было труднее прежде всего из-за проблем с возвращением энергии в систему внешнего электроснабжения. В

большинстве случаев электрифицированные линии получали питание от выпрямительных подстанций, рассчитанных на одностороннюю передачу энергии - от сети переменного тока высокого напряжения в тяговую сеть постоянного тока меньшего напряжения. Энергию рекуперации мог использовать другой поезд, находившийся на той же секции тяговой сети, однако при отсутствии потребителей рекуперативное торможение замещалось реостатным, а энергия рассеивалась в резисторах подвижного состава в виде тепла.

Появление полупроводниковых преобразователей открыло возможность создания тяговых подстанций, агрегаты которых могут работать как в режиме выпрямителей, так и в режиме инверторов. В последнем случае постоянное напряжение преобразуется в переменное, а избыток энергии возвращается в систему внешнего электроснабжения. Исследования в этом направлении проводились в различных странах еще с 1980-х годов, а в Испании были начаты в 2002 г.



Опыт метро Бильбао

Впервые в Испании рекуперативное торможение на линиях, электрифицированных на постоянном токе, было реализовано на линиях колеи 1000 мм метрополитена Бильбао (рис. 2), где применяется напряжение 1500 В. Для оценки возможностей аккумулирования и использования энергии, выделяющейся при

торможении, была создана специальная рабочая группа. Проведенные к 2005 г. исследования позволили специалистам группы прийти к выводу, что вернуть энергию в систему внешнего электроснабжения возможно. Согласно выполненным расчетам, установка накопителей позволяет аккумулировать 52 % энергии, выделившейся при торможении, из них 44 % может быть использовано на тягу другими поездами, а 8 % возвращено в систему внешнего электроснабжения.

Специалисты компании Ingeteam и метрополитена Бильбао совместно разработали компактный преобразователь постоянного тока в переменный. Устройство, получившее название Ingeber, занимает площадь, равную всего 7,5 м², и без затруднений может быть установлено на существующих тяговых подстанциях.

Преобразователь, введенный в эксплуатацию 23 мая 2010 г., стал первым устройством данного типа в Европе. Он позволяет возвращать в сеть в среднем 23 080 кВт*ч электроэнергии в неделю, что эквивалентно 13,75 % потребления энергии на тягу для подстанции, на которой он установлен. Согласно оценкам, ранее на участках, получающих питание от этой подстанции, за год в тормозных резисторах в виде тепла рассеивалось 1203 МВт*ч электроэнергии. По данным метрополитена Бильбао было сделано предположение, что вложенные средства окупятся в течение 6 лет, при этом срок службы преобразователя составляет примерно 30 лет.

Принимая во внимание, что один преобразователь позволяет вернуть примерно 2,27 % энергии, потребляемой за год из сети, было решено в дальнейшем оборудовать еще 4 из 10 подстанций метрополитена Бильбао преобразователями Ingeber. В 2012 г. на пяти модернизированных подстанциях преобразователи аккумулировали 2771 МВт*ч электроэнергии, а в 2014 г. - уже 4341 МВт*ч. Из этой величины 30 % использовалось для питания устройств освещения станций, привода эскалаторов и других устройств, а оставшиеся 70 % были возвращены в систему внешнего электроснабжения.



Магистральные линии

Поскольку пилотный проект, реализованный на метрополитене Бильбао, начал приносить многообещающие результаты, компания Adif AV решила изучить возможности применения подобного

подхода в условиях магистральных железнодорожных линий. В ноябре 2011 г. Adif AV заключила контракт с компанией Isolux Corsan на проведение исследований по потреблению энергии на пригородной линии С1 Малага - Фуэнхирола протяженностью 31 км, электрифицированной на постоянном токе напряжением 3 кВ (рис. 3). Исследования показали, что на данном участке было бы экономически целесообразно установить оборудование, позволяющее накапливать избыточную энергию и возвращать ее в сеть переменного тока.

Преобразователь Ingeber решили разместить на подстанции Ла-Комба - одной из трех на линии С1. Он был подключен в 2012 г., однако полностью принят в эксплуатацию только в октябре 2013 г. В течение следующих двух месяцев использование преобразователя позволило вернуть в энергосистему 172 685 кВт*ч электроэнергии (до 12,75 % суммарного потребления энергии на линии), экономия в денежном выражении составила 11 464 евро. С октября 2013 по май 2020 г. в систему внешнего электроснабжения было возвращено 4944 МВт*ч электроэнергии, что эквивалентно 24 % суммарного энергопотребления линии С1; для Adif экономия в денежном выражении составила примерно 318 394 евро при существовавших ценах на электроэнергию.

В дальнейшем преобразователи Ingeber были установлены в различных странах. В Испании они размещены на линиях 9 и 10 метро Барселоны и линии 8 метро Мадрида. Все эти линии электрифицированы на постоянном токе напряжением 1,5 кВ.

Преобразователи Ingeber могут применяться на линиях магистрального или городского транспорта, электрифицированных на постоянном токе напряжением 750, 1500 или 3000 В (рис. 4). Они позволяют постоянно контролировать уровень напряжения в контактной сети, который повышается, когда энергия рекуперации не может быть использована другим поездом на этой же секции тяговой сети. Стоимость возвращенной энергии в дальнейшем вычитается из счета, выставяемого оператору.



Уменьшение неблагоприятных воздействий на климат

После первых успехов программа модернизации тяговых подстанций, осуществляемая Adif AV, получила дальнейшую поддержку в июле 2017 г., когда были выделены средства по программе мер по уменьшению неблагоприятного воздействия на климат на 2018 - 2030 гг. Финансирование предоставлялось через национальный институт диверсификации энергетики и сокращения энергопотребления (IDAE).

Adif AV объявила тендеры на проведение реконструкции и последующее обслуживание первых шести подстанций, питающих линии колеи 1668 мм напряжением 3 кВ постоянного тока: Хетафе, Алькоркон (в пределах Мадрида), Олабеага (вблизи Бильбао), Гуарнисо (вблизи Сантандера), Марторель и Аренис-де-Мар (вблизи Барселоны). Контракт на 66 мес (18 мес на установку оборудования и 48 мес на обслуживание) стоимостью 4,7 млн евро с компанией Costrucciones Instalacion y Traccion был заключен в середине декабря 2017 г.

Реконструкция предполагает ряд последовательных этапов. Накопитель энергии рекуперации, поставленный компанией CITRACC, включен параллельно каждому из двух выпрямителей и занимает две из четырех трехфазных ячеек. Восемь силовых кабелей служат для присоединения преобразователя и ячеек выпрямителя. Перед подключением накопителя к шинам переменного и постоянного тока, предназначенным для местного распределения силовых цепей, необходимо внести определенные изменения в схему управления. Необходимость внесения изменений в электрические цепи подстанции сведена к минимуму, однако такой подход не может применяться в случаях, когда напряжение на стороне переменного тока превышает 45 кВ.

Основная цель программы, реализуемой Adif AV, - повысить энергетическую эффективность системы тягового электроснабжения постоянного тока напряжением 3 кВ до уровня, характерного для систем переменного тока напряжением 25 кВ, частотой 50 Гц. Внесение изменений в электрические цепи подстанций позволяет передавать энергию в сеть внешнего электроснабжения, как это удалось осуществить на метрополитене Бильбао, чтобы она была доступна другим потребителям. Компания изучает возможности использования рекуперированной электроэнергии для питания вспомогательных нагрузок, в том числе линейных средств контроля состояния технических систем, устройств освещения, вентиляции, а также электропривода лифтов и эскалаторов на станциях.

Требуемые для переоборудования подстанций затраты зависят от характеристик преобразователей. Исходя из их величины определяются размеры финансирования, предоставляемого через IDAE. Предполагается, что в результате модернизации в течение 30 мес можно вернуть в систему внешнего электроснабжения как минимум 5 % суммарного потребления энергии подстанций. Шесть переоборудованных подстанций уже превзошли этот

показатель, несмотря на то что для них еще не завершен этап послепусковой оптимизации.

Проведение реконструкции подстанций позволило уже за первый год сэкономить в общей сложности 10,45 ГВт*ч электроэнергии, что эквивалентно 26 % их среднего годового потребления. Расходы оператора инфраструктуры снизились на 721 722 евро. По оценкам Adif AV, за счет сокращения потребления энергии удалось уменьшить уровень выбросов диоксида углерода на 2417 т в год, что эквивалентно количеству выбросов, выделяемому за 210 рейсов самолетов между Мадридом и Барселоной, каждый из которых перевозит 100 пассажиров.



Второй этап

В апреле 2019 г., еще до того как первая пилотная установка была полностью введена в эксплуатацию, компания Adif AV объявила, что к реализации программы подключатся еще шесть тяговых подстанций (рис. 5), в том числе четыре в окрестностях Мадрида и две - близ Барселоны. Компания CITRACC провела работу по установке

необходимого оборудования, сумев не выйти за рамки бюджета, ограниченного 5,4 млн евро. Все шесть обновленных подстанций планировалось ввести в эксплуатацию в январе 2021 г.

Моделирование, проведенное специалистами Adif AV и научными сотрудниками двух университетов Мадрида, показало, что сокращение расходов в результате осуществления программы переоборудования оценивается приблизительно в 1,1 млн евро в год, что позволяет окупить затраты в течение 8 лет.

Проанализировав характеристики первых шести модернизированных подстанций, IDAE в начале августа 2020 г. объявила о предоставлении Adif AV новых грантов в размере 1,2 млн евро для проведения дополнительных исследований.

Материалы Международного союза железных дорог (www.uic.org/events/IMG/pdf/07_renfe_reversible_substations_conventional_lines_ed2_delafuente.pdf), компаний Adif Alta Velocidad (www.adifaltavelocidad.es) и Ingeteam (www.ingeteam.com); M. Bent. Railway Gazette International, 2020, № 12, pp. 24 - 27.

Применение дронов для инспекции мостов

При осмотрах мостовых сооружений необходимо пользоваться приспособлениями постоянного и временного типа — проходами вдоль элементов конструкций, лестницами, специальными тележками, переносными и стационарными подмостями и пр. Применение дронов для визуального обследования мостов имеет ряд важных преимуществ в качестве дополнения традиционных методов.

Использование беспилотных авиационных систем (БАС)/дронов для проведения технических осмотров мостов имеет существенные преимущества, которые перевешивают проблемы, связанные с обеспечением безопасности, оценкой рисков, регистрацией и получением согласований от авиационного ведомства, планированием полетов, специальной подготовкой персонала и т. д.

В США для эффективного использования БАС необходимы стратегическое планирование, наличие сложного технического оснащения, опыт управления аппаратом и фотосъемки, знание инструкций Федеральной авиацион-

ной администрации (FAA), эффективное взаимодействие оператора дрона и специалиста по мостам при разработке планов сбора данных, обучение персонала с учетом рисков, связанных с применением рассматриваемой технологии (рис. 1).

При внедрении в практику железных дорог беспилотных летательных аппаратов необходимо оценить преимущества и условия применения, например, дронов для контроля технического состояния мостов, с одной стороны, и ответить на вопрос, позволяет ли инно-

Рис. 1. Использование дрона для осмотра мостовых конструкций



вационная технология отказаться от других видов контроля технического состояния мостов, включая использование специального оборудования или визуального осмотра, с другой.

Несомненно, применение дронов не приведет к полному отказу от контроля с помощью специального оборудования, по крайней мере в отношении детального технического контроля. Оно лишь ограничит сферу применения таких средств.

Детальному обследованию моста с помощью специальных приспособлений или визуального метода с привлечением промышленных альпинистов/верхолазов будут предшествовать облеты его дронами в сочетании со сбором ретроспективной информации, позволяющей лучше понимать процессы, ведущие к изменениям его состояния, точнее определиться со сбором недостающих данных (рис. 2). Для эффективного контроля мостов необходимо проводить слишком большое количество измерений и контролировать слишком большое количество факторов риска, чтобы можно было обойтись каким-то одним методом или инструментарием, признав его наилучшим. Какие методы и в каких комбинациях необходимо задействовать, зависит от категории и конструкции моста, условий эксплуатационной среды, требующих оценки рисков и совокупности данных, подлежащих сбору и анализу.

От оснащенности служб контроля дронами, а также разнообразными датчиками и другими средствами контроля зависит многообразие получаемых данных, а также безопасность и эффективность самого процесса их сбора. Номенклатура информационных материалов, которые можно получать при использовании дронов, в частности, включает видео- и фотоматериалы с высоким

Рис. 2. Инспектирование мостовых конструкций с помощью дронов

разрешением, тепловизионные изображения, изображения после фотограмметрической обработки (общегеометрические и рельефа местности), а также данные, получаемые с использованием лидаров – лазерных сканеров (параметры геометрии и моделирование рельефа местности).

Преимущества использования дронов

Использование дронов для контроля состояния железнодорожных мостов обеспечивает ряд значимых преимуществ, поскольку позволяет получить общее представление о геометрических параметрах, целостности, прочности и позиционировании всех, в том числе даже самых маломерных компонентов их конструкций. Располагая качественной и детальной информацией о мостовом сооружении в целом, и в особенности в труднодоступных местах, можно судить о его состоянии и выявить, где именно необходим точечный осмотр традиционными методами. При таком подходе уменьшаются объем работ, выполняемых силами промышленных альпинистов, и потребность в специальном оснащении, снижаются риски происшествий и травматизма.

Когда в процессе визуального контроля инспектор приходит к выводу о необходимости дополнительного локального обследования, он должен нанести на соответствующую зону моста специальную маркировку. Такое локальное обследование при очередном облете может быть выполнено аппаратом, располагающим фотоаппаратурой с высокой разрешающей способностью.

Применение беспилотной системы для контроля состояния больших мостов сложной конструкции позволяет значительно повы-



сить производительность процесса контроля и проводить его с воздуха, не оказывая мешающего влияния на перевозочный процесс железной дороги.

Ведение подробной ежегодной статистики позволяет отслеживать техническое состояние мостов в динамике, оценивать влияние, которое на него оказывают аварии или природные катастрофы. Получаемые данные можно структурировать, как правило, привязав к пространственным координатам и снабдив метками времени. Таким образом, гарантируется надежная организация данных, исключаются потери информации или ориентации, формируется целостная картина собираемых данных.

Типовой порядок

Федеральная авиационная администрация FAA определила типовой порядок проведения контроля технического состояния мостовых сооружений с применением БАС/дронов, подразумевающий участие в этом процессе наземной бригады, собственно оператора дрона и специалиста по мостам, и аппарата, получившего регистрацию для коммерческого использования (рис. 3).

Этап 1. Формулирование задач и получение необходимых санкций

Требуется четко сформулировать понятия результатов и рабочей среды, убедиться в регистрации в FAA или в интернет-сервисе LAANC (Low Altitude Authorization and Notification Capability), а также в наличии каких-либо ограничений, требующих получения особых разрешений и возможностей для получения таких разрешений.

Этап 2. Предварительная проработка вопросов безопасности

Необходимо определиться с протоколами и процедурами безопасности, которые не должны быть слишком сложными. Каждое применение БАС/дронов и каждый полет по-разному соотносятся с этими протоколами и процедурами, поэтому в любом случае важно убедиться, что использование беспилотных аппаратов не выходит за рамки требований безопасности. Необходимо также произвести оценку возможных рисков, вытекающих из местных условий и способных привести к таким по-



Рис. 3. Специалисты на земле контролируют работу дрона



Рис. 4. Работа дрона в ограниченном пространстве

следствиям, как травмирование персонала или посторонних лиц в результате контактов с дронами, повреждение беспилотных аппаратов вследствие потери управления, ошибки пилота или столкновения (рис. 4).

Требуется убедиться в наличии надлежащего страхового обеспечения. Чем ближе к мостовым конструкциям траектория полета, тем больше риск аварии, поскольку возможно пропадание сигнала системы наведения. Следует учитывать, когда требуется вернуть аппарат

на исходную позицию, не израсходовав весь энергоресурс, и как избегать препятствий, имеющихся в рабочем пространстве, таких как провода, деревья, птицы, собственно мостовые конструкции и т.п.

Этап 3. Выполнение полетов

Необходимо правильно определиться с выбором беспилотного аппарата для конкретного применения с тем, чтобы не выйти за пределы допустимого риска. Для этого надо досконально изучить конфигурацию контролируемого моста и составить подробный план сбора информации.

Для проведения контроля технического состояния крупных стальных мостов на летательном аппарате должны быть установлены съемочные камеры с высокой разрешающей способностью, иметься возможность замены объектива в целях увеличения диапазона оптической трансфокации и регулировки, позволяющей производить съемку отдельных фрагментов моста без потери оптической разрешающей способности.

Еще одной значимой особенностью является возможность установки одной или двух съемочных камер (например, одной с высокой разрешающей способностью и объективом переменного фокусного расстояния и одной тепловизионной) в верхней части аппарата для проведения контроля объектов из нижнего положения. При этом следует убедиться, что «зумирование» соответствует требованиям FAA, и при необходимости внести требуемые коррективы (как правило, на программном уровне).

Этап 4. Планирование работы

Чтобы провести контроль состояния моста с надлежащим уровнем безопасности и эффективности, необходимо предварительно определиться с общим объемом предстоящих работ и процедурами их выполнения. При этом в качестве опорных документов используются инструкции по эксплуатации БАС и по безопасности при их применении. Важную роль играет также накопленный опыт эксплуатации дронов и обучения персонала работе с этой системой. То же самое можно утверждать относительно проработки процедур диспетчерского управления, эксплуатации, технического обслуживания и ремонта беспилотных аппара-

тов, документирования результатов полетов и передачи информации по назначению. Существенное значение имеет правильный выбор программного обеспечения, используемого при планировании работы и регистрации полетной информации.

Этап 5. Послеполетная обработка данных

Эффективность обработки информации (визуальной и т.п.), полученной в процессе полетов, критически зависит от того, насколько правильно был выбран ракурс для получения изображений, с какой разрешающей способностью аппаратуры они были получены, в файлах каких типов сохранены, каким образом привязаны к координатам места и времени и т.п. Наилучшие результаты обработки достигаются при качественном проведении предполетного инструктажа с акцентом на ожидаемых результатах. Еще одним важным шагом является тегирование изображений и, по возможности, снабжение их краткими описаниями.

Этап 6. Подготовка отчетности

Послеполетная обработка информации должна осуществляться с полным пониманием того, какие именно данные должны быть включены в заключительный отчет и какая именно информация должна передаваться по назначению. Такое понимание способствует правильному выбору формата и носителя данных (бумажный вариант, компьютерные файлы и т.п.). Эта часть процесса сбора данных может быть стандартизирована и практически доведена до автоматизма.

Рис. 5. Осмотр моста специалистами-верхолазами

Этап 7. Получение окончательных результатов контроля

Необходимо четко определиться с тем, какие именно сведения следует собирать для каждого типа контролируемых мостов, каким образом получать, структурировать, редактировать в процессе обработки и распределять эту информацию. Управление данными приобретает особое значение при получении сотен и даже тысяч изображений с высоким разрешением, видеофрагментов и данных (облаков точек) геоинформационной системы. По каждому полету должен быть оформлен соответствующий отчет. Это один из наиболее важных этапов организации рабочего процесса и обеспечения его безопасности (предотвращения аварий и происшествий в будущем, сохранения здоровья персонала и работоспособности технического оснащения).

Инспекции мостов

Деревянным мостам требуются различные виды обследования на предмет обнаружения дефектов в

элементах конструкций, в частности внутренних пустот или признаков гниения, с определением размеров участков внешних поверхностей, затронутых повреждениями. На большинстве деревянных мостов правилами Федеральной железнодорожной администрации (FRA) допускается свободное перемещение по конструкциям моста работников в целях проведения детального контроля их технического состояния (рис. 5). Однако, когда приходится иметь дело с двух- и более ярусными рамными конструкциями, этот метод осмотра становится проблематичным. Это относится к высоте, превышающей высоту одного ряда поперечных связей, обычно 4,42 м при рекомендуемой Американской ассоциацией железнодорожного строительства, текущего содержания и ремонта пути (AREMA) максимальной высоте балочного деревянного моста от уровня земли до рельса 5,49 м.

В таких случаях возникает необходимость использования дронов. С их помощью можно, не подвергая людей опасности, в оперативном режиме получать документальные фото- и/или ви-



Фото: АКЕ

деосвидетельства фактического состояния оголовков мостовых опор и на их основании фиксировать элементы с визуально выявляемыми признаками разрушения, расщепления и других повреждений. В результате инспекторы получают весьма ценную информацию.

Контроль с помощью дронов имеет явное преимущество перед другими видами контроля конструкций, располагающихся над высокой водой или быстрыми водными потоками, где пересечение вброд или использование лодок невозможно. Получение оперативной информации с помощью дронов является большим подспорьем при принятии решений о временном регламенте очередных мероприятий контроля технического состояния мостов.

В качестве примера можно также привести опыт использования дронов в комплексной программе контроля технического состояния железнодорожного стального моста длиной 1219 м через р. Огайо с ездой поверху, включающего пять надводных пролетов с дугообразными фермами, а также подходы на эстакадах со стороны штата Огайо и со стороны штата Западная Виргиния (насчитывающие 37 пролетов).

При начальном инспектировании моста наряду с дронами использовались методы верхолазных работ. Доступ к проезжей части надводных пролетов предполагал чрезвычайно медленное перемещение с лавированием между вертикальными и диагональными элементами конструкции фермы. При использовании дронов можно было получать с высоким разрешением изображения всех зон проезжей части моста, не создавая угроз безопасности для персонала, оставшегося на земле. Темп сбора данных этой системой оказался значительно выше, а ее работа осуществлялась без занятия пути и поэтому не оказывала мешающего влияния на перевозочный процесс железной дороги. Собранные таким образом данные по мере необходимости уточнялись и дополнялись с использованием визуальных осмотров для более детального контроля в проблемных зонах, выявленных с помощью дронов.

Возможности использования беспилотных аппаратов для контроля технического состояния железнодорожных мостов впечатляющи. Их применение способствует улучшению условий безопасности, повышению производительности и снижению затрат, позволяет осуществлять сбор большого объема данных и обеспечивает уникальные возможности обзора контролируемых мостов, недоступные другим практикуемым средствам и методам контроля.

Материалы компании ARE (www.are-corp.com); *Railway Track & Structures*, 2020, № 6, pp. 14 – 16.

"ZHELEZNYE DOROGI MIRA"
 Rail International/Schienen der Welt
 Russian edition
 The monthly magazine of JSC "RZD"

CONTENTS

News 2

Transport policy. Reforms

Overview of projects for the construction of rail systems in 2021 20
 DB: lessons of the pandemic and development prospects 26
 France opens passenger services to competition 32
 Rail freight market prospects in France 37
 High Speed 1 operator's tasks 42
 SJ continues to implement investment programs 44
 China — development of railways as a factor of urbanization 46

Rolling stock

Automatic brake testing and digitalization of the rail freight traffic 48
 India on track to build a hydrogen fuel train 53
 Traction batteries for rail transport 59
 Tunnel under the Gulf of Finland 65

Infrastructure

Recuperation on DC lines in Spain 71
 Use of drones for bridge inspections 76

On the cover: Snow plow train on the railway in the Schwarzwald (Germany, photo: DB)

Postal address:
 5/3 Bolotnikovskaya street
 Russia, 117556, Moscow

Editor-in-Chief A. Yu. Efremov

Tel./Fax: +7 (499) 317 5565
www.zdmira.com

E-mail: info@zdmira.com

дополнялись с использованием визуальных осмотров для более детального контроля в проблемных зонах, выявленных с помощью дронов.

Возможности использования беспилотных аппаратов для контроля технического состояния железнодорожных мостов впечатляющи. Их применение способствует улучшению условий безопасности, повышению производительности и снижению затрат, позволяет осуществлять сбор большого объема данных и обеспечивает уникальные возможности обзора контролируемых мостов, недоступные другим практикуемым средствам и методам контроля.

Материалы компании ARE (www.are-corp.com); Railway Track & Structures, 2020, № 6, pp. 14 - 16.