

Рубрика 1. ТЕХНОЛОГИИ И ПРОЕКТЫ

Направление – Проектирование и строительство дорог, метрополитенов, аэродромов, мостов и транспортных тоннелей

УДК [UDC]656.332

DOI 10.17816/transsyst20208431-45

© В.В. Костенко¹, Д.С. Коробов²

¹ Петербургский Государственный Университет путей сообщения
Императора Александра I

² Санкт-Петербург – Витебский центр организации работы
железнодорожных станций
(Санкт-Петербург, Россия)

ТЕХНИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ КАРЬЕРНЫХ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ

Исследование проводилось с целью изучения, анализа и обобщения технических и технологических особенностей рудных ходов предприятий промышленного железнодорожного транспорта. В результате проведена классификация отдельных пунктов рудных ходов, описаны особенности инфраструктуры, организации движения поездов, грузовой работы, подвижного состава, выявлены возможности для повышения эффективности грузовых перевозок.

Ключевые слова: промышленный железнодорожный транспорт, карьерный железные дороги, подвижной состав, тяговый агрегат, железнодорожные станции, управление движением поездов.

Rubric 1. TECHNOLOGIES AND PROJECTS

Field – Design and construction of roads, subways, airfields, bridges and transport tunnels

© V.V. Kostenko¹, D.S. Korobov²

¹ Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University

² St. Petersburg – Vitebsk center for organization of the work of railway stations
(St. Petersburg, Russia)

TECHNICAL AND TECHNOLOGICAL FEATURES OF QUARRY RAILWAYS

The research was carried out with the aim of studying, analyzing and research the technical and technological features of ore railways of industrial transport enterprises. As a result, the classification of operation points of ore railways was carried out, the features of the infrastructure, the train organization, freight work, rolling stock were described, and opportunities for improving the efficiency of freight transportation were identified.

Key words: industrial railway transport, quarry railways, rolling stock, traction unit, railway stations, train traffic control.

ВВЕДЕНИЕ

Среди специализированных железнодорожных линий в мире можно выделить сегмент специализированных грузовых магистралей (СГМ). Они предназначены для массовых перевозок одного или нескольких видов груза с почти полным отсутствием других видов железнодорожных перевозок. Подобные магистрали нечасто встречаются в России. Однако помимо железных дорог общего пользования есть множество предприятий промышленного железнодорожного транспорта (ППЖТ), на которых в нашей стране успешно практикуются принципы СГМ.

ППЖТ играют важную роль в работе сети железных дорог, они предназначены для обработки прибывших с внешней сети составов, их выгрузки, формирования, обслуживания, погрузки и отправляющихся составов вновь на общую сеть [1, 2]. Назначения у ППЖТ встречаются самые разнообразные – заводские, карьерные, логистические и т.д. [3]. Проектирование и строительство очередей горнообогатительного комбината, сети карьерной железнодорожной сети и разработка непосредственно карьера – это сложные взаимосвязанные процессы, занимающие несколько десятилетий, начиная с геологической разведки местности задолго до строительства комбината и заканчивая моментом добычи последней тонной руды.

В настоящем исследовании основное внимание уделено технологическим путям горно-обогатительных комбинатов и угольных разрезов, поскольку для этих путей характерно наибольшее количество особенностей специализированных линий и отличий от железнодорожного транспорта, как общего, так и необщего пользования. На территории России технологические линии рудных ходов проектируются на основе норм [4], в отличие от путей общего и необщего пользования, которые должны соответствовать нормам [5].

ТЕХНИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ИНФРАСТРУКТУРЫ И ПОДВИЖНОГО СОСТАВА КАРЬЕРНЫХ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ

Карьерные железнодорожные сети включают в себя сети горнообогатительных комбинатов (ГОКов), угольных и рудных разрезов [6]. В большинстве случаев цеха ГОКа располагаются вдоль линии общего пользования и в то же время в непосредственной близости к карьере, чтобы уменьшить пробег и парк технологических поездов, доставляющих сырье из карьера на ГОК. Самыми значительными отличиями рудных ходов от сети общего пользования являются уклоны большой величины (от 15 до 60 ‰), а также малые радиусы кривых (от 180 до 80 м), поскольку карьер представляет собой ограниченное пространство для

развития линии, стесняя возможности для проектирования железнодорожной линии крутыми склонами.

Также к значимым отличиям можно отнести короткую протяженность рудных ходов (до нескольких десятков км) по сравнению с магистралями железнодорожной сети общего пользования (несколько сотен – несколько тысяч километров).

Как правило, карьерная железнодорожная сеть проектируется двухпутной (на второстепенных ответвлениях допустимо сооружать однопутную линию) со стандартной для постсоветского пространства шириной колеи 1520 мм, допускается до переустройства содержать железнодорожную сеть колеи 1524 мм. В таком случае карьерная сеть соединяется с проходящей поблизости железнодорожной линией общего пользования. Это делается для возможности подавать грузовые составы под погрузку и выгрузку на территории промышленного предприятия, а также для возможности вывоза технологических транспортных средств на ремонтные заводы через общую железнодорожную сеть.

На карьерных железных дорогах практикуется повышенная осевая нагрузка (вплоть до 31 тонн на ось) и усиленная конструкция железнодорожного пути, поскольку перевозка необогащенного сырья требует кратного повышения провозной способности. Применяются рельсы Р65 и Р75, кроме того есть случаи применения усиленных стальных шпал.

Также обычно максимальная скорость следования технологических поездов гораздо ниже скоростей поездов на магистралях общего пользования, что позволяет уменьшить динамическое воздействие на путь тяжеловесного подвижного состава в следствие галопирования и поперечного раскачивания кузовов вагонов, что может вызвать сход с рельсов, особенно в кривых участках пути.

Тяговый подвижной состав на карьерных железных дорогах, как и на общей сети, представлен тремя видами локомотивной тяги – тепловозной, электровозной постоянного тока и переменного тока. Отличием электровозной тяги рудных ходов является стандарт напряжения в контактной сети: на сетях постоянного тока поддерживается напряжение 1,5 кВ, на сетях переменного тока – 10 кВ. На данном виде железнодорожного транспорта имеется множество отклонений от установленных стандартов сети общего пользования, обусловленных местными техническими условиями. Таким образом в практике некоторых ППЖТ имеется электрификация линий постоянным током 1 кВ, 750 В, 550 В, 250 В.

С целью увеличения надежности карьерного железнодорожного транспорта и его провозных способностей, в 1960–80 гг. производилось множество экспериментов с модернизацией локомотивной тяги на карьерных сетях. Одним из самых удачных решений можно назвать

двухсистемную дизель-электрическую тягу (изобретение теплоэлектровоза, способного двигаться, питаясь от контактной сети и, при необходимости переходить в режим тепловозной тяги на неэлектрифицированных участках), а также применение распределенной тяги на технологических поездах (изобретение тягового агрегата) [7]. Тяговый агрегат, управляемый по системе многих единиц – это головной электровоз или теплоэлектровоз и один или несколько моторных думпкар. Моторный думпкар – грузовой вагон, оборудованный тяговыми электродвигателями, питающимися энергией от ведущей тяговой секции. Распределенная тяга на рудных ходах позволяет оптимизировать размеры движения поездов за счет значительного увеличения их массы. Впервые в истории СССР тяговый агрегат был создан в 1957 году на Коркинском угольном разрезе. Обычный карьерный электровоз IV-КП и моторный думпкар, оборудованный на основе серийного вагона, были приспособлены для совместной работы по системе многих единиц. Результаты смелого эксперимента были более чем удачные – сцепной вес локомотива увеличился вдвое, при этом сохранилась суммарная грузоподъемность состава. В последующем тяговые агрегаты стали выпускаться серийно на локомотивных заводах и получили широкое распространение на железных дорогах ГОКов, угольных разрезов и других карьерных ППЖТ.

В последние годы идея гибридных приводов для всех видов транспорта реализуется в целом ряде новых сочетаний – электродвигателей, двигателей внутреннего сгорания, дизелей, газотурбинных установок, водородных топливных элементов и аккумуляторных батарей повышенной емкости. Все эти новшества должны быть использованы для кардинального повышения эффективности карьерного тягового подвижного состава.

Кабина машиниста у большинства поездных формирований одна, находится на ведущей электровозной секции, имеет обзор в обе стороны, чтобы позволить локомотивной бригаде управлять поездом как при езде локомотивом вперед, так и при подталкивании состава. Следование технологического поезда без обгона локомотива на конечных станциях позволяет сократить время в местах погрузки и выгрузки. Для безопасности движения поезда вагонами вперед хвостовой вагон оборудуется громким звуковым и ярким световым сигналом постоянного действия, а также в редких случаях камерами заднего вида, позволяющими локомотивной бригаде следить за «мертвыми» зонами, вызываемыми кузовами вагонов или локомотива.

С тяговыми агрегатами формируется состав из немоторных думпкаров, обеспечивающий потребности промышленного предприятия в провозных способностях и сырье (так называемая «вертушка»), как правило, он состоит из 10–15 шестиосных думпкаров 2ВС-105. Состав

думпкаров формируется на большой срок работы, расцепка производится только для смены локомотива или при необходимости отцепочного ремонта одного или нескольких вагонов.

Токосяем у промышленных электровозов и электровозных секций осуществляется как с классического пантографа через контактную сеть верхнего токосяема, так и через боковую контактную сеть специальным боковым токоприемником. Боковая контактная сеть обустраивается в местах погрузки сырья, чтобы бульдозер в процессе погрузки состава не задел ковшом контактную сеть.

В числе технологических особенностей карьерных перевозок необходимо отметить следование технологических поездов из карьера на комбинат на подъем груженными, а на спуск из комбината обратно в карьер порожними. Загрузка моторных думпкаров позволяет использовать массу груза для увеличения осевого давления и как следствие силы сцепления колеса с рельсом, что позволяет упростить подъем технологического поезда в гору и обеспечивает возможность проектировать руководящий уклон очень большим, вплоть до 60 %, в зависимости от требуемых провозных способностей, массы поезда и мощности локомотива. При обратном следовании происходит спуск поезда в порожнем состоянии, большая сила сцепления с рельсом при этом не требуется.

Кроме технологических поездов, вне зависимости от вида их тяги, ППЖТ используются маневровые тепловозы для завоза и вывоза грузовых вагонов с территории предприятия на общую сеть, а также для транспортировки по рудным ходам рельсоукладчика – пожалуй, самого важного рабочего поезда на любом карьере, ведь часть карьерных путей из-за выработки породы и регулярного изменения рельефа нуждается в очень частой перекладке. Такие участки пути называют временными путями или «усами».

Для обслуживания контактной сети на электрифицированных сетях применяются электромонтажные автомотрисы семейства АДМ.

РАЗДЕЛЬНЫЕ ПУНКТЫ РУДНЫХ ХОДОВ

Можно выделить следующие основные типы раздельных пунктов карьерных железных дорог.

Станция выгрузки (Рис. 1) предназначена для приема и отправления технологических поездов, их оборота, производства выгрузки думпкаров. На станции располагается бункер для приема руды, обычно в здании. Выгрузка может производиться со всех путей станции или с части путей, если бункеры оборудованы не при каждом пути станции. Благодаря возможности оборота поездов без обгона локомотива, такие станции часто строятся конечными тупикового типа. Ввиду ограниченности длины станционных площадок в пунктах приема руды на станциях выгрузки

целесообразно применять стрелочные переводы специальных конструкций [8, 9].

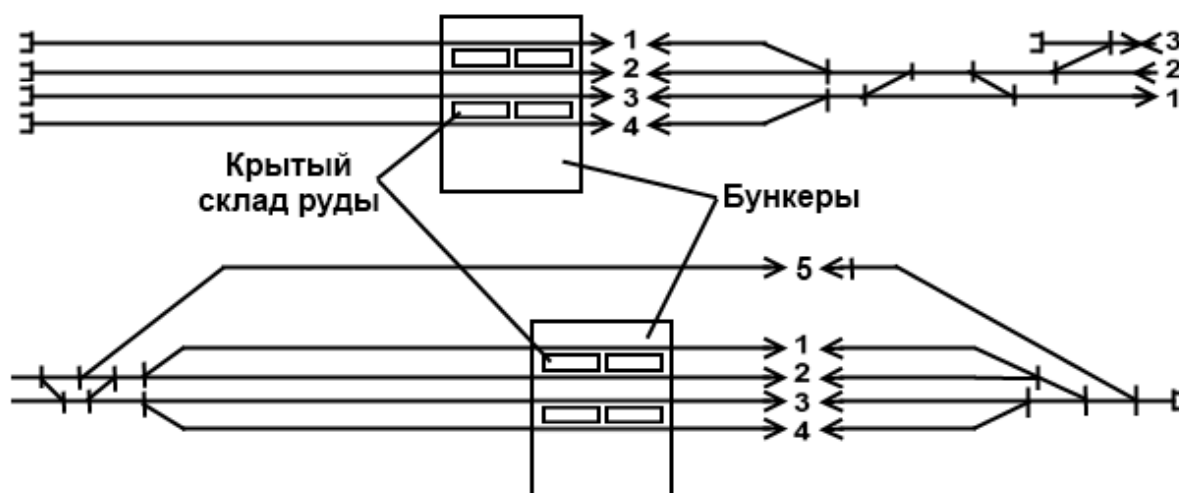


Рис. 1. Примеры схем выгрузочных станций рудного хода тупикового и сквозного типа

Локомотивно-вагонное депо – предназначено для отстоя и ремонта промышленных локомотивов и вагонов технологических поездов, как правило, появляется позже первой очереди строительства ППЖТ, на определенной стадии развития совмещенное депо передается под ремонт только вагонов, а на новой территории строится отдельное депо, специализирующееся на ремонте локомотивов. Большинство путей заходят в крытый ангар депо (Рис. 2). Станция зачастую тупикового типа.

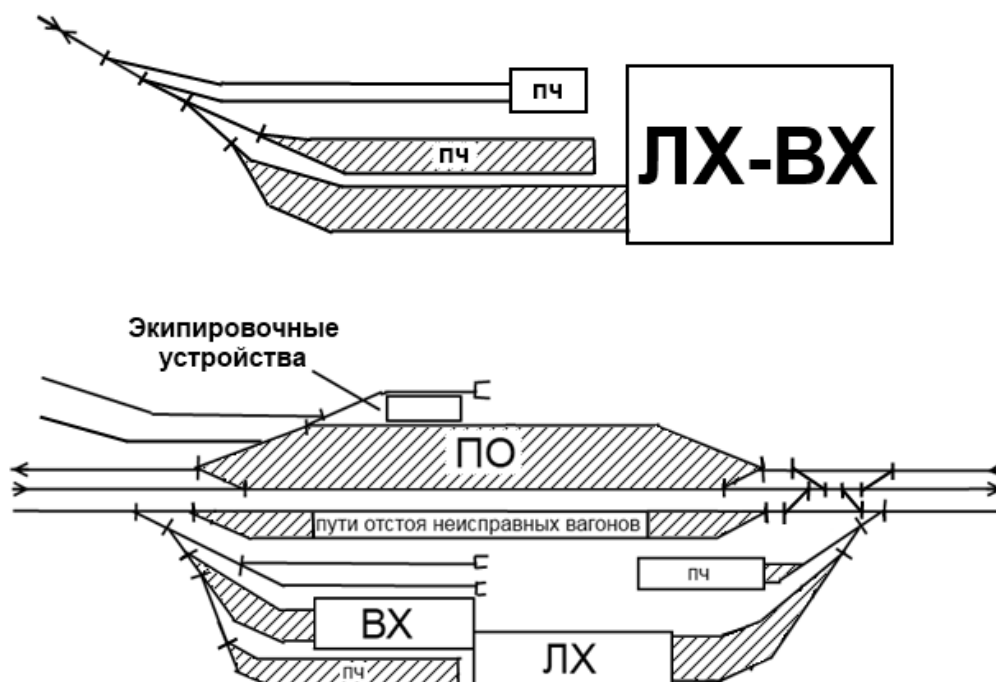


Рис. 2. Примеры схем локомотивно-вагонных депо

Промежуточная станция (обгонный пункт) (Рис. 3) служит для стоянки и обгона попутных технологических поездов, перехода с одного главного пути на другой в случае невозможности организации движения по двухпутной линии.

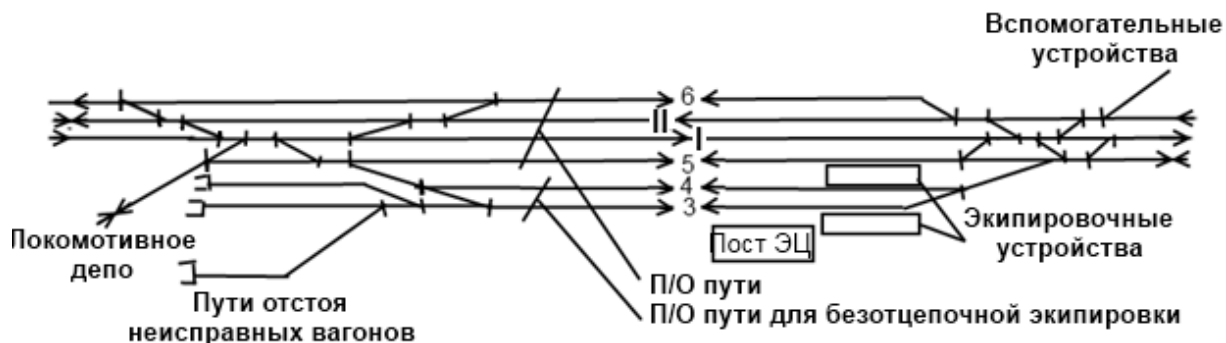


Рис. 3. Промежуточная станция рудного хода

Узловая станция (Рис. 4) – понятие немного отличается от принятого на железнодорожной сети общего пользования. На железнодорожных сетях карьерных железных дорог узловая станция призвана разделить ход специализированной железнодорожной линии на главное и второстепенное направления. Например, это делается для следования поездов под погрузку в два разных карьера. Также к узловой станции может примыкать соединительная линия от локомотивного депо, в таком случае на узловой станции обустраиваются экипировочные устройства, для удобства безотцепочной экипировки локомотива, а также экипировки локомотивов, вышедших из локомотивного депо.

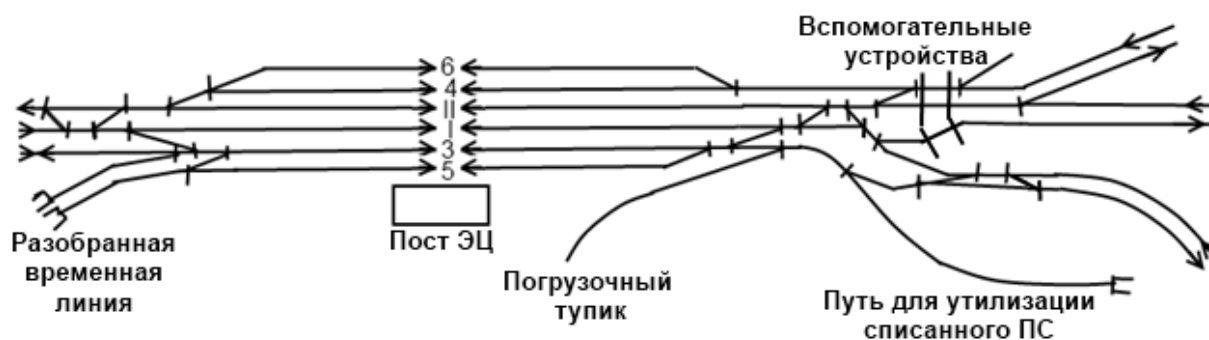


Рис. 4. Пример схемы узловой станции рудного хода

Пост примыкания (Рис. 5) служит для соединения двух линий карьерной железнодорожных при отсутствии необходимости строительства станции. Обустраивается в местах соединения линий с малыми поездопотоками, а также в местах примыкания погрузочных путей с незначительными размерами движения заходящих под погрузку поездов.

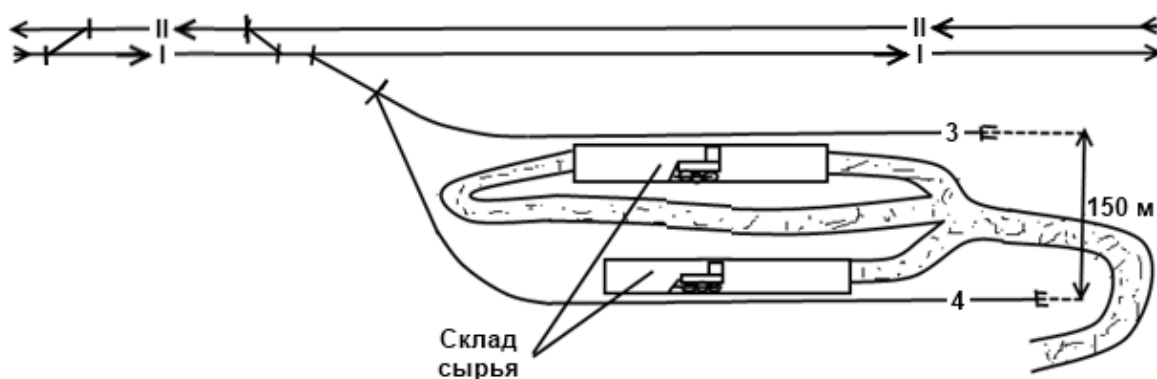


Рис. 5. Пример устройства поста примыкания

Станция погрузки (Рис. 6) предназначена для погрузки технологических поездов, размещения временных складов сырья, погрузочных устройств (карьерных экскаваторов). В случае, если забой находится на некотором удалении от погрузочной станции или вне зоны доступа железнодорожного транспорта, например, по причине крутых спусков, сырье доставляется до места погрузки в технологический поезд карьерными самосвалами, для этого на местах погрузки устраиваются карьерные автомобильные дороги, места разгрузки карьерных самосвалов [10]. Станция, как правило, тупикового типа, погрузочные тупики оборудуются боковой контактной сетью для удобства погрузки сырья в вагоны технологического поезда. Эти тупики являются временными путями и по мере выработки карьера могут перекладываться рельсоукладочным поездом на новое место погрузки.



Рис. 6. Схема погрузочной станции

На основе этих типов отдельных пунктов устраивается сеть карьерной железной дороги, которая может иметь разную структуру в зависимости от географических особенностей местности [11]:

- полукольцевая или кольцевая структура (Рис. 7) образуется при условии, что карьер находится в непосредственной близости от ГОКа и железнодорожной линии общего пользования. Ее особенностью является сквозной тип главной станции комбината, две и более линии, заходящие в карьер через несколько входных траншей с двух противоположных сторон. Образуется своеобразный «полумесяц»;

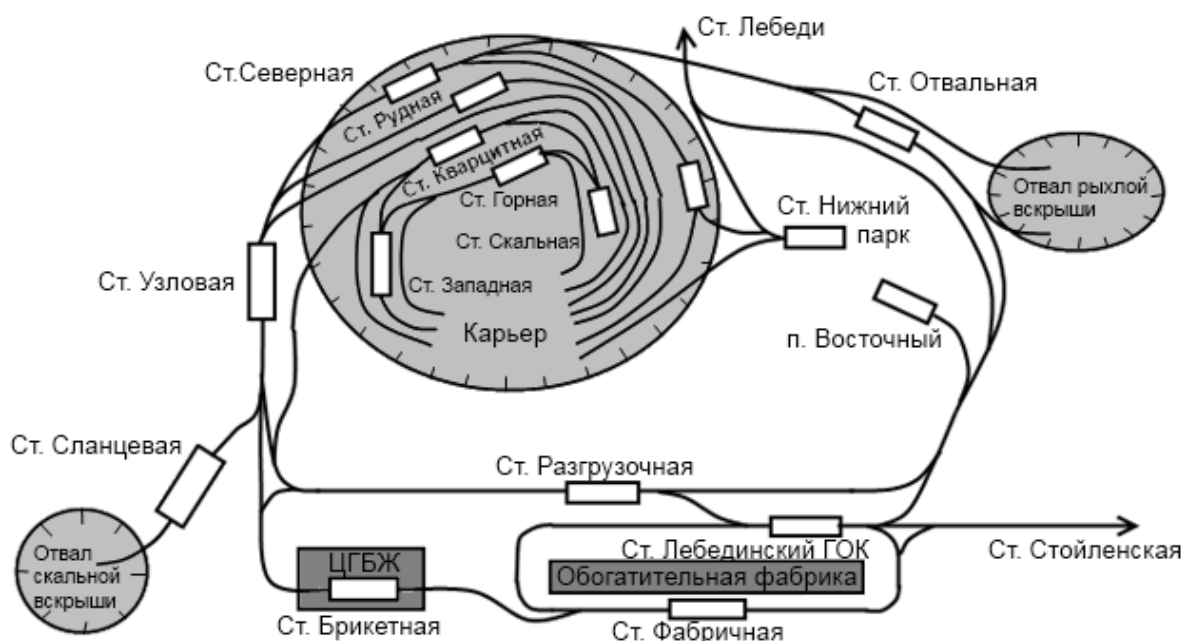


Рис. 7. Пример кольцевой структуры карьерной железной дороги

- линейная структура (Рис. 8) – карьер находится на небольшом удалении от ГОКа, рядом с которым проходит железнодорожная линия общего пользования. Главная станция проектируется сквозной, из одной горловины осуществляется выход на сеть общего пользования, из другой начинается протяженная (порядка 30–50 км) линия технологического железнодорожного транспорта, направленная в карьер;
- комбинированная структура – по мере выработки старых карьеров и открытия новых сеть ППЖТ может переходить из кольцевой и линейной структуры в комбинированную, на которой характерно полукольцевое расположение главной станции у главного карьера и линейные направления к второстепенным карьерам.

ОСОБЕННОСТИ ГРУЗОВОЙ РАБОТЫ

Технологический железнодорожный транспорт горнообогатительных комбинатов совмещает в себе черты полноценного железнодорожного транспорта и транспортирующего комплекса устройств циклического типа. Технологические поезда следуют со станции выгрузки в карьер, погружаются, возвращаются на место выгрузки и выгружаются.

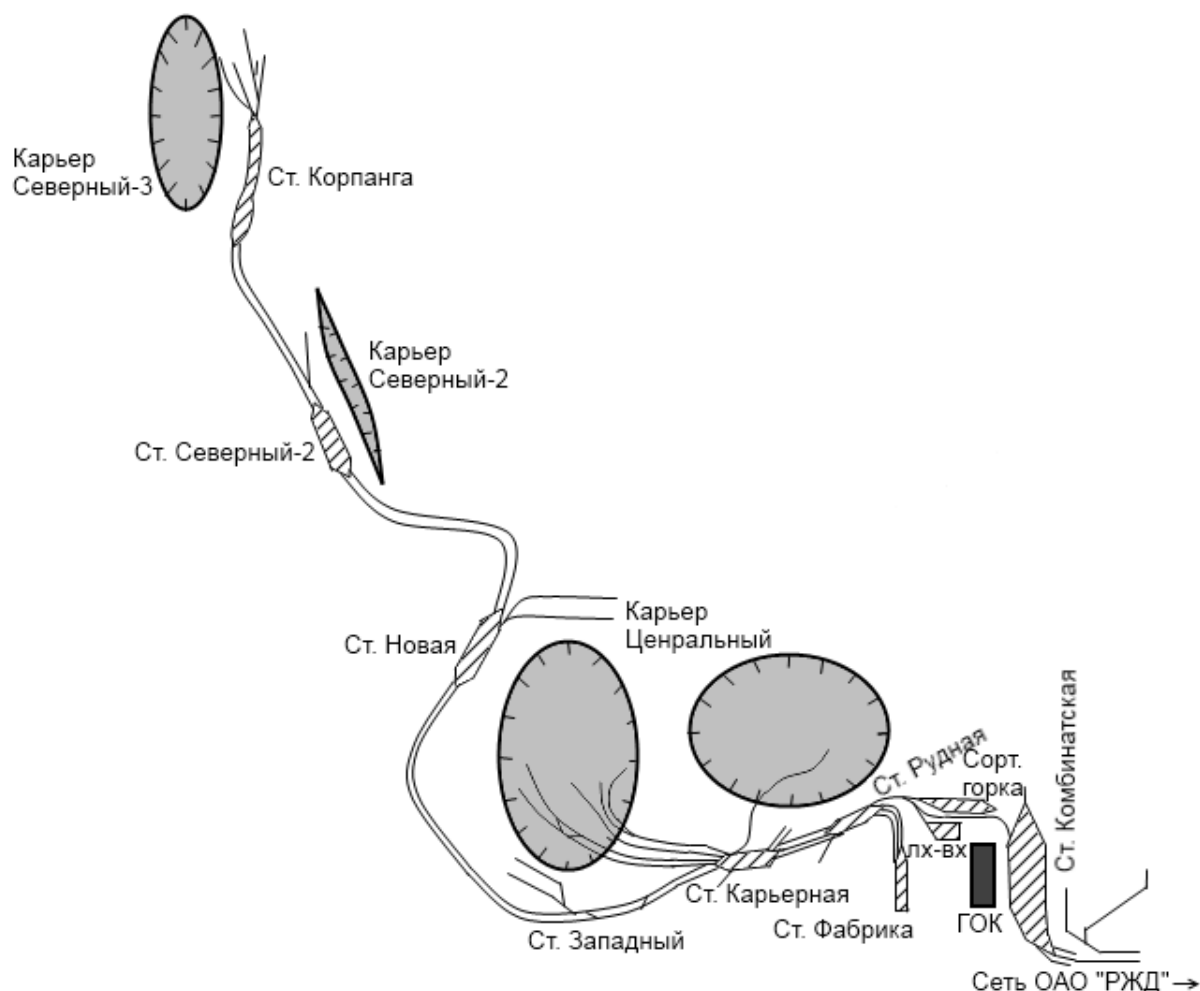


Рис. 8. Пример линейной структуры карьерной железной дороги

Их цикл работы представляет собой аналог технологического маршрутного поезда на общей сети железных дорог – поезд следует одним и тем же неизменным составом между двумя конечными станциями, переформирование состава в пути следования является отклонением от нормального рабочего процесса и может быть обусловлено необходимостью отцепочного ремонта одной из единиц подвижного состава.

Технологические поезда почти в 100 % случаев поднимаются из карьера к комбинату в полностью загруженном состоянии, а спускаются в полностью порожнем, лишь в редких случаях подвозя сотрудников карьера на место работы в кабине электровоза управления. В связи с этим можно выявить в качестве полезного элемента циклического процесса движение из карьера на комбинат. Остальные элементы являются вынужденными, необходимыми для завершения цикла работы технологического поезда. Время и трудоемкость погрузки, выгрузки и следования в карьер

целесообразно сокращать. Для сокращения времени спуска поезда в карьер применяют увеличение скорости движения поезда, благодаря порожнему состоянию поезда (и как следствие низкой статической и динамической нагрузке) это позволяет без угрозы безопасности движения сократить время хода поезда по линии с комбината в карьер. Для ускорения погрузки поезда может применяться кратное увеличение числа фронтальных погрузчиков или увеличение их грузоподъемности, однако на практике последний способ ускорения погрузки применяется намного реже.

ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ РАБОТЫ

Сырьевой сектор промышленности постсоветского пространства не только сохраняет, но и наращивает объемы производства. Большие мощности потребителей металлургической продукции, минеральных удобрений, химической продукции, строительных материалов вызывают необходимость наращивания темпов производства готовой продукции на горнообогатительных комбинатах, это напрямую сказывается на требуемой провозной способности карьерных железных дорог.

Несмотря на достаточно большую суммарную грузоподъемность технологического поезда (около 1200 тонн сырья), для обеспечения ГОКа необходимым количеством руды требуется довольно большой парк локомотивов и технологических составов, а также достаточно плотный нормативный график движения поездов. Технологические поезда следуют в карьер с интервалом от 5 до 15 минут. Для обеспечения бесперебойности такого интенсивного движения требуется подбор высококвалифицированных профессиональных кадров для службы движения. Выделяется отдельный диспетчерский круг для управления движением на технологических линиях ППЖТ. Важными качествами для сотрудников службы движения являются внимание, скорость реакции на поступающую информацию, правильность и незамедлительность выполнения и передачи управленческих решений. Также стоит отметить важность профессионализма сотрудников локомотивных бригад, поскольку движение по затяжным спускам и подъемам, особенно с такими крутыми уклонами как на сетях технологических сетей ГОКов (40–60 %) требует особого внимания и навыков управления поездом.

Снизить влияние человеческого фактора на уровень безопасности и надежности технологических перевозок возможно за счет разработки специальных средств автоматизации управления движением поездов, учитывающих специфику этого вида транспорта [12–14].

Об эксплуатационной работе промышленного железнодорожного транспорта можно привести некоторую статистику на примере ППЖТ Лебединского ГОКа [15].

Каждый состав состоит из тягового агрегата (обычно с двумя моторными думпкарами) и нескольких немоторных думпкаров, количество которых зависит от назначения поезда. На вывозе скальной вскрыши и кварцита используются составы, в которые входит 10–11 думпкаров, а на вывозе рыхлой вскрыши вертушки насчитывают 10–13 думпкаров.

Каждая вертушка за сутки совершает порядка 7 рейсов, откатывая за один рейс из карьера примерно 1 200 тонн горной массы.

Теперь можно оценить масштабы движения: ежедневно 44 поезда 308 раз спускаются в карьер и возвращаются из него, чтобы вывести кварцит и пустую породу. То есть, каждые 5 минут в карьер и из карьера проходит одна пара поездов.

Учитывая, что от главной станции в карьер следуют две линии, фактический интервал движения поездов может отличаться от среднего расчетного, поскольку может осуществляться одновременное движение поездов по двум линиям. Кроме того, при разделении технологической линии на две разные станции погрузки размеры движения на каждом из ответвлений уменьшаются, а значит и возрастает фактический интервал между поездами.

Вышеуказанные 44 тяговых агрегата Управления железнодорожного транспорта Лебединского ГОКа за год вывозят из карьера 90 млн. тонн вскрыши и горной породы – это примерно 2 млн. тонн на один агрегат. 15 тепловозов за этот же период обеспечивают отгрузку потребителям около 15 миллионов тонн продукции комбината – 1 млн. тонн на один локомотив. Достичь подобных объемов было бы невозможно без четкой организации процесса перевозок и слаженной работы полуторатысячного коллектива Лебединских железнодорожников, на каждого из которых приходится более 8 тонн перевозимых грузов в час.

Не стоит забывать, что одновременно с круглосуточным движением технологических поездов необходимо успевать пропускать по линиям обслуживающие поезда, такие как рельсоукладочный поезд, электромонтажные автомотрисы и прочую спецтехнику для обслуживания инфраструктуры рудного хода.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Карьерные железные дороги России представляют собой высокотехнологичный сегмент транспорта, созданный на базе передовых оригинальных разработок транспортной науки и техники прошлого века. На современном этапе для сохранения и увеличения эффективности и безопасности рудных перевозок необходимо широко внедрять на ППЖТ инновационный тяговый подвижной состав, комбинирующий различные энергетические источники – контактную сеть постоянного и переменного тока, аккумуляторные батареи большой мощности, топливные элементы и

т.д. В системе организации движения поездов для снижения роли человеческого фактора широкое применение должны найти новые системы железнодорожной автоматики на основе машинного зрения, удаленного управления и интервального регулирования по радиоканалу, автоведения поездов, автоматизированного управления стрелками и сигналами.

В свою очередь накопленный опыт технологического железнодорожного транспорта коллег-промышленников полезно принять к сведению и применить его на развивающемся направлении рынка грузовых железнодорожных перевозок – перевозках по специализированным грузовым магистралям, в первую очередь на восточном полигоне ОАО «РЖД».

Более тесное сотрудничество и взаимодействие позволит получить большую экономическую выгоду от транспортного процесса, а также повысить его производительность.

Авторы заявляют, что:

1. У них нет конфликта интересов;
2. Настоящая статья не содержит каких-либо исследований с участием людей в качестве объектов исследований.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК / References

1. Кукушкин А.И. Роль промышленного железнодорожного транспорта в экономике России // Транспортная стратегия – XXI век. – 2018. – № 40. – С. 72–74. [Kukushkin AI. Rol' promyshlennogo zheleznodorozhnogo transporta v jekonomike Rossii. *Transportnaja strategija – XXI vek*. 2018;(40):72-74 (In Russ.)]. Ссылка активна на: 11.12.2022. Доступно по: http://www.sovstrat.ru/files/TS40_2018.pdf
2. Числов О.Н., Ручкин И.В. Мероприятия по сокращению непроизводительных простоев вагонов на предприятиях промышленного железнодорожного транспорта // Транспорт: наука, техника, управление. Научный информационный сборник. – 2020. – № 7. – С. 27–32. [Chislov ON, Ruchkin IV. Measures aimed at reducing unproductive wagon downtime on the industrial railway transport enterprises. *Transport: science, equipment, management. Scientific information collection*. 2020;(7):27-32. (In Russ.)]. doi: 10.36535/0236-1914-2020-07-5
3. Давыдов Г.Е. Промышленный транспорт и его наука // Бюллетень транспортной информации. – 2020. – № 2(296). – С. 7–12. [Davydov GE. Industrial transport and its science. *Bulletin of transport information*. 2020;2(296):7-12. (In Russ.)]. Ссылка активна на: 11.12.2022. Доступно по: <https://natrans.ru/art-text.asp?artnum=2406>
4. СП 261.1325800.2016. Железнодорожный путь промышленного транспорта. Правила проектирования и строительства. [SP 261.1325800.2016 Industrial railroad. Rules of engineering and construction. (In Russ.)]. Ссылка активна на: 11.12.2022. Доступно по: <https://docs.cntd.ru/document/456042945>
5. СП 119.13330.2017 Железные дороги колеи 1520 мм. Свод правил. [SP 119.13330.2017 Railways with 1520 mm track. (In Russ.)]. Ссылка активна на: 11.12.2022. Доступно по: <https://docs.cntd.ru/document/550965737>
6. Шульгина Д.Э. Транспорт для доставки угля в промышленных узлах // Сборник научных трудов IV международной научно-практической конференции «Транспорт и логистика: пространственно-технологическая синергия развития», Ростов-на-Дону,

- 03–04 февраля 2020 года. – Ростов-на-Дону: РГУПС, 2020. – С. 364–367. [Shulgina DE. Transport for the delivery of coal in the industrial nodes. Proceedings of the IV International Scientific and Practical Conference "Transport i logistika: prostranstvenno-tehnologicheskaja sinergija razvitija". 2020 Februar 03–04, Rostov-on-Don. Rostov-on-Don: RSTU; 2020. pp. 364–367. (In Russ.)]. Ссылка активна на: 11.12.2022. Доступно по: <https://www.rgups.ru/science/doktorantura-i-aspirantura-kon-1388>
7. Браташ В.А. Научные основы проектирования, создание унифицированного ряда тяговых агрегатов и разработка перспективных типов подвижного состава для железнодорожного транспорта открытых горных разработок: автореферат дисс. ... док. техн. наук. – Днепропетровск, 1992. – 86 с. [Bratash VA. Nauchnye osnovy proektirovaniya, sozdanie unificirovannogo rjada tjagovyh agregatov i razrabotka perspektivnyh tipov podvizhnogo sostava dlja zheleznodorozhnogo transporta otkrytyh gornyh razrabotok [dissertation]. Dnepropetrovsk; 1992. – 86 с. (In Russ.)]. Доступно по: <https://viewer.rsl.ru/ru/rsl01000058017?page=8&rotate=0&theme=white> Ссылка активна на: 11.12.2022.
 8. Говоров В.В., Басовский Д.А. Оптимизация конструкций стрелочных переводов железных дорог промышленного транспорта // Инновационные технологии на железнодорожном транспорте: Труды XXIV Всероссийской научно-практической конференции, Красноярск, 25–27 ноября 2020 года. – Красноярск: ИрГУПС, 2020. – Т.2. – С. 91–94. [Govorov VV, Basovsky DA. Optimizacija konstrukcij strelochnyh perevodov zheleznyh dorog promyshlennogo transporta. Proceedings of the XXIV National Scientific and Practical Conference "Innovacionnye tehnologii na zheleznodorozhnom transporte". 2020 Nov 25–27; Krasnojarsk: IrGUPS. 2020;2;91–94. (In Russ.)]. Ссылка активна на: 11.12.2022. Доступно по: https://www.irgups.ru/sites/default/files/krizht/science/Scientific%20publications/sbornik_t2.pdf
 9. Говоров В.В., Басовский Д.А. К вопросу о совершенствовании конструкций соединений путей дорог необщего пользования // Транспортная инфраструктура Сибирского региона. – 2017. – Т. 1. – С. 437–442. [Govorov VV, Basovsky DA. K voprosu o sovershenstvovanii konstrukcij soedinenij putej dorog neobshhego pol'zovanija. *Transportnaja infrastruktura Sibirskogo regiona*. 2018;1;437–442. (In Russ.)]. Доступно по: <https://www.irgups.ru/science/konferencii/TISR/arkhiv-tisr/2017> Ссылка активна на: 11.12.2022.
 10. Тарасов П.И., Хазин М.Л., Голубев О.В. Эволюция карьерного автотранспорта // Вестник Уральского государственного университета путей сообщения. – 2021. – № 2 (50). – С. 67–74. [Tarasov PI, Khazin ML, Golubev OV. The evolution of quarry vehicles. *Herald of the Ural state university of railway transport*. 2021;2(50);67–74. (In Russ.)]. doi: 10.20291/2079-0392-2021-2-67-74
 11. Информационный некоммерческий ресурс «Строительство, ремонт, недвижимость, дизайн». Совершенствование транспортных коммуникаций, увеличение скоростей движения и оборачиваемости транспортных средств. [Informacionnyj nekommercheskij resurs "Stroitel'stvo, remont, nedvizhimost', dizajn". Sovershenstvovanie transportnyh kommunikacij, uvelichenie skorostej dvizhenija i oborachivaemosti transportnyh sredstv. [Internet]. (In Russ.)]. Ссылка активна на: 11.12.2022. Доступно по: <https://ctcmetar.ru/transport-glubokih-karero/8978-sovershenstvovanie-transportnyh-kommunikacij-uvelichenie-skorostey-dvizheniya-i-oborachivaemosti-transportnyh-sredstv.html>
 12. Маргарян С., Осьмов В., Усенко Д. Система радиуправления и контроля стрелочными переводами на базе узкополосных радиомодемов Viper-SC+ // Беспроводные технологии . – 2018. – № 2(51). – С. 48–52. [Margarjan S, Os'mov V,

- Usenko D. Sistema radioupravlenija i kontrolja strelochnymi perevodami na baze uzkopolosnyh radiomodemov Viper-SC+. *Wireless Technologies* 2018;2(51);48-52. (In Russ.)). Доступно по: <https://wireless-e.ru/magazine/wireless-2-2018>. Ссылка активна на: 11.12.2022.
13. Горелик А.В. Развитие систем автоматики на путях промышленного транспорта // Внедрение современных конструкций и передовых технологий в путевое хозяйство. – 2018. – Т. 13. – № 13 (13). – С. 85–88. [Gorelik AV. Razvitie sistem avtomatiki na putjah promyshlennogo transporta. *Vnedrenie sovremennyh konstrukcij i peredovyh tehnologij v putevoe hozjajstvo*. 2018;13(13);85-88. (In Russ.)]. Ссылка активна на: 11.12.2022. Доступно по: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36589822>
14. Мащенко П.Е., Шутилов К.В. Анализ сенсоров систем технического зрения для нужд промышленного железнодорожного транспорта // Вестник Института проблем естественных монополий: Техника железных дорог. – 2021. – № 1 (53). – С. 40–45. [Mashchenko PE, Shutilov KV. Analysis of sensors of vision systems for the needs of industrial railway transport. *Railway Equipment*. 2021;1(53);40-45. (In Russ.)]. Ссылка активна на: 11.12.2022. Доступно по: <https://elibrary.ru/item.asp?id=45597436>
15. Канал «Заводы и тепловозы». Как работает железная дорога Лебединского ГОКа. [kanal «Zavody i teplovozy». *Kak rabotaet zheleznaia doroga Lebedinskogo GOKa*. [Internet]. (In Russ.)]. Ссылка активна на: 11.12.2022. Доступно по: <https://zen.yandex.ru/media/b282/kak-rabotaet-jeleznaia-doroga-lebedinskogo-goka-5bb4fa56049c1c00aa162763>

Сведения об авторах:

Костенко Владимир Васильевич, к.т.н., доцент;

eLibrary SPIN: 2550-5115; ORSID: 0000-0002-7535-2540; Scopus ID: 57430957100;

e-mail: docentkostenko@yandex.ru

Коробов Денис Сергеевич, инженер путей сообщения;

e-mail: denis-korobov-98@mail.ru

Information about the authors:

Kostenko Vladimir, PhD in Technical Sciences, Associate Professor;

eLibrary SPIN: 2550-5115; ORSID: 0000-0002-7535-2540; Scopus ID: 57430957100;

e-mail: docentkostenko@yandex.ru

Korobov Denis, railway engineer;

e-mail: denis-korobov-98@mail.ru

Цитировать:

Костенко В.В., Коробов Д.С. Техничко-технологические особенности карьерных железных дорог // Инновационные транспортные системы и технологии. – 2022. – Т. 8. – № 4. – С. 31–45. doi: 10.17816/transsyst20228431-45

To cite this article:

Kostenko VV, Korobov DS. Technical and technological features of quarry railways. *Modern Transportation Systems and Technologies*. 2022;8(4):31-45. doi: 10.17816/transsyst20228431-45