

Обобщая представленный материал, можно сделать следующие выводы.

1 В настоящее время в сложных геополитических условиях промышленным предприятиям Республики Беларусь приходится строить новые логистические схемы доставки продукции.

2 Новые схемы могут характеризоваться особыми требованиями покупателя или порта перевалки к затариванию продукции и использованию определённого подвижного состава.

3 Для планирования работы предприятия целесообразно использовать результаты расчёта не только максимальной, но и эксплуатационной перерабатывающей способности фронтов погрузки-выгрузки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Методические рекомендации по расчету пропускной и перерабатывающей способности железнодорожных сооружений и устройств. Ч. 1. – Минск : Бел. ж. д., 2009. – 120 с.

2 Методические указания по расчету норм времени на маневровые работы, выполняемые на железнодорожном транспорте. – М. : МПС России, 1998 г. – 84 с.

3 Положение по расчету технологических норм на выполнение погрузочно-разгрузочных работ с вагонами [Электронный ресурс]. – Режим доступа : zinref.ru/000_uchebniki/04600_rasnie_6/343_Belarus_RJD_pravila_1/008.htm. – Дата доступа : 17.10.2023.

М. М. KOLOS, E. N. POTYLKIN

ACTUAL ISSUES OF CALCULATING THE PROCESSING CAPACITY OF THE LOADING AND UNLOADING FRONTS

The problematic situations faced by shippers and consignees on railway transport in the Republic of Belarus in determining the processing capacity of loading and unloading fronts are considered. It is proposed to allocate the maximum and operational processing capacity of the fronts for planning the operation of the enterprise. The results of the study can be used in organizing the interaction of railway stations with non-public tracks.

Получено 21.11.2023

**ISSN 2664-5025. Проблемы перспективного развития
железнодорожных станций и узлов. Вып. 5. Гомель, 2023**

УДК 656.2

И. В. КОРОТКЕВИЧ

АО «Объединенная химическая компания «„Уралхим”», г. Москва

ПОВЫШЕНИЕ ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ПРОМЫШЛЕННОГО УЗЛА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ЦИФРОВОГО ДВОЙНИКА ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ

Рассматривается практическая возможность повышения эффективности работы промышленных железнодорожных станций при внедрении системы позиционирования

ния и онлайн-телеметрии локомотивов (СПОТ-Л), использующей координатно-реперное позиционирование с обменом информацией между бортовыми и напольными устройствами в режиме реального времени, что позволяет формировать адекватный визуальный динамический образ станции с отображением текущего состояния и места дислокации подвижного состава.

Традиционным способом повышения перерабатывающей способности станций является реконструкция сортировочных горок с повышением их мощности. Во времена плановой экономики высокую эффективность показали методы подбора групп вагонов (белорусский метод) и организация движения многогруппных поездов (групповой план формирования). Данные методы позволяли, незначительно увеличивая загрузку перерабатывающих мощностей опорных (узловых) сортировочных станций, значительно снижать маневровую работу на грузовых станциях, что сокращало оборот вагонов. Однако в настоящее время сложившаяся технология обработки вагонопотоков приводит к значительной среднесуточной неравномерности грузопотоков, высокой доле специализированного подвижного состава в грузопотоке, а также к конфликтам бизнес-интересов участников перевозочного процесса и владельцев подвижного состава.

Крупные промышленные компании, грузовладельцы и владельцы инфраструктуры путей необщего пользования за последние десятилетия адаптировались к современным требованиям путем создания «кэптивных» операторских компаний, владеющих собственным подвижным составом, в том числе и локомотивами, диспетчерским аппаратом и системами управления логистикой, увязанными с АСУ перевозками публичного оператора ОАО «РЖД», а также с системами планирования и управления производства и продаж собственной компании.

События последних лет коренным образом изменили географию грузопотоков. Изменения параметров грузопотоков и возникновение новых логистических коридоров требуют значительного повышения перерабатывающей способности грузовых станций, находящихся в промышленных железнодорожных узлах.

Следует отметить, что крупные промышленные предприятия были построены во второй половине прошлого века и в настоящее время экспансивное развитие железнодорожной инфраструктуры путем строительства новых парков, переустройства станционных горловин с применением параллельных путей и съездов часто невозможно по причинам отсутствия свободной территории.

В целях интенсификации переработки вагонов использовались электрическая централизация стрелок и сигналов и маневровая радиосвязь, которая снижает время передачи заданий и информации между составителем, машинистом и диспетчером. Контроль качества работы локомотивного парка осуществлялся постфактум методом анализа скоростемерных лент (рисунок 1).

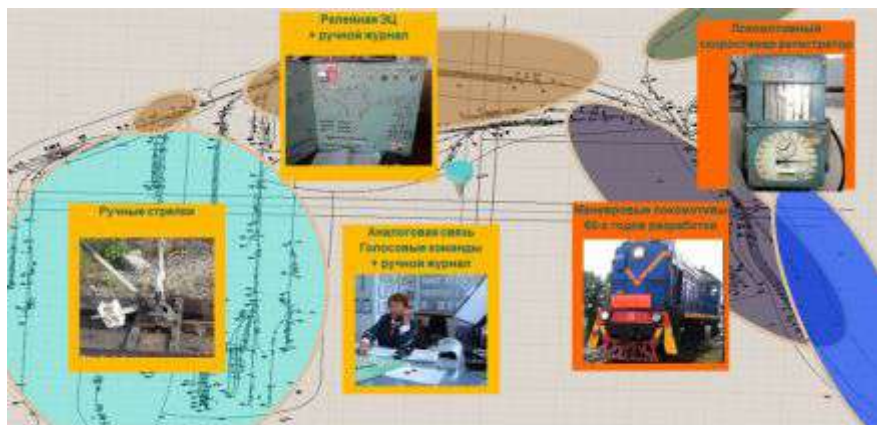


Рисунок 1 – Техническое оснащение железнодорожной промышленной станции

В качестве руководящих документов используются технологический процесс работы станции и регламент взаимодействия с производственными подразделениями предприятия. В качестве суточного задания на работу определяется перечень мест с количеством вагонов, которые необходимо подать для погрузки. В числе важных данных – дислокация вагонов на путях ОАО «РЖД, следующих в направлении станции. Однако при этом время прибытия вагонов на конечную станцию в системе ОАО «РЖД» отсутствует, а существует понятие нормативного срока доставки.

Последние десятилетия большинство операторских компаний активно используют станционные логистические АСУ, позволяющие диспетчерскому аппарату на станции планировать погрузку за периоды смены или суток, а также оформлять пакет перевозочных документов для передачи публичному оператору. Данные системы построены по принципу электронных таблиц с ручным вводом, усиленных автоподстановкой данных о вагонах, загруженных из смежных систем, что позволяет значительно повысить производительность персонала, осуществляющего коммерческие операции. К сожалению, из-за специфики маневровой работы данные по выполненным техническим операциям с вагонами в систему попадают на основании информации по коммерческим операциям. В целях повышения эффективности использования парка подвижного состава персонал заносит в систему сведения о нахождении вагонов в начале и конце смены.

Для целей обобщенного анализа в настоящее время на промышленных станциях применяется практика введения графика исполненной работы станции ручным способом. В ОАО «РЖД» созданы системы автоматизированного отображения графика исполненной работы сортировочной станции на основании данных ручного ввода и разметки сортировочного листа. Од-

нако специфика маневровой работы на промышленных предприятиях такова, что руководитель маневров не имеет возможности передавать всю информацию оператору, ответственному за ведение графика, а в условиях проведения интенсивных манёвров передача дополнительной информации по линиям оперативной технологической связи невозможна. Таким образом, оператор отображает или вводит в информационную систему не все события, а только те, которые получены по докладу диспетчера в основном при завершении перестановки вагонов и по докладам персонала коммерческой и вагонной служб.

При этом следует отметить, что данные ручного ввода не проходят валидацию и могут содержать некорректные значения параметров технологических процессов. Часто отсутствует такая важная для анализа и оптимизации маневровой работы информация:

- остановки перед нецентрализованными стрелочными переводами, предполагаемыми не по маршруту следования подачи;
- остановки перед занятой стрелкой другими маршрутами;
- состояние вагонов на парковых путях;
- вытягивание и осаживание нецелевой группы вагонов (практика, когда для подачи нескольких вагонов в центре отцепа начальная часть отцепа участвует в трех полурейсах по причине отсутствия вместимости на соседнем пути, отсутствия башмаков или иным причинам нерациональности отставки и закрепления);
- информация о простоях, стоянках и остановках локомотивов, а также местах, где это происходит.

Обусловленный сложившейся технологией субъективизм в части отображения исполненной работы и недостаток информации не позволяет рассматривать график исполненной работы станции как эффективный инструмент для последующего анализа. Для оценки эффективности работы локомотивной бригады и маневрового локомотива единственным доступным источником информации является скоростемерная лента локомотива или ее аналог в программе расшифровки.

На предприятиях, на которых в ручном режиме ведется график исполненной работы, можно сопоставлять графическую информацию суточника с информацией на ленте. К сожалению, скоростемерная лента не имеет навигационной привязки, а представляет собой график зависимости скорости на шкале времени или расстояния. В принципе имеющиеся программы расшифровки позволяют отображать сигналы кодов АЛС, но станционные пути, где производится маневровая работа, не кодируются и привязка к железнодорожным путям отсутствует.

При известном времени начала выполнения полурейса, наличии скоростемерной ленты и масштабного плана станции графически-аналитическим способом можно определить количество остановок, однако вычислить, на каких именно стрелках они были в случае возможности альтернативных маршрутов, не представляется возможным. Необходимо отметить, что со-

поставление данных скоростемерной ленты и графика исполненной работы станции – достаточно трудоемкая по времени процедура, и для ее выполнения требуется профильный и знающий местные условия специалист. Поэтому такой анализ выполняется очень редко.

В последнее время различные производители систем железнодорожной автоматики активно предлагают модернизировать релейную электрическую централизацию на микропроцессорную. Однако под модернизацией подразумевается замена части релейных стативов на микропроцессорный вычислительный комплекс, эмулирующий или реализующий принципы релейной логики. Поэтому после модернизации предприятие, как правило, получает:

- реконструированное табло, где демонтированы кнопки, взамен которых устанавливаются компьютерные мониторы с АРМ ДСП;
- для специалистов технической службы – АРМ электромеханика, позволяющее просматривать предыдущие состояния станционных объектов, что оказывается полезно при анализе нештатных ситуаций;
- не увеличивающуюся перерабатывающую способность станции;
- возможность расширения зоны управления с подключением удаленных маневровых районов, но при условии дополнительных капиталовложений;
- передачи данных о занятости путей, положении стрелок и показаний сигналов в информационные системы верхнего уровня.

Предлагаемая модернизация МПЦ по сути является чуть более компактной версией релейной ЭЦ, в своей логике не содержит принципиально новых решений, а учитывая высокую стоимость реконструкции (5–9 млн рублей за стрелку), является чрезмерно дорогим средством повышения эффективности работы станции.

Рациональным способом повышения перерабатывающей способности грузовой станции является комплексный метод, включающий следующие компоненты.

1 Анализ узких мест в маневровой работе.

1.1 Сбор детализированных данных о маневровых передвижениях.

1.2 Выявление узких мест, обусловленных конфликтами бизнес-интересов участников процесса.

1.3 Выявление узких мест, обусловленных конфликтами в ожидании освобождения инфраструктуры (например, регулярные длительные стоянки на некотором маршруте у стрелочного перевода в определенные часы и отсутствие занятости в остальное время).

1.4 Выявление узких мест, обусловленных путевым развитием (например, один соединительный путь с ограничениями скорости).

1.5 Формирование ключевых показателей оценки перерабатывающей способности и эффективности.

1.6 Комплексный анализ качества планирования и управления станцией.

2 Разработка системных мер оценки и валидация их эффективности.

2.1 Выбор технологических решений.

2.2 Выбор технических средств.

2.3 Выбор рекомендаций по параметрам и детализации планирования.

2.4 Имплементация решений в цифровом двойнике.

2.5 Проведение валидации методом имитационного моделирования с использованием цифрового двойника высокой детализации и реальных данных.

2.6 Расчет модельных показателей перерабатывающей способности и эффективности.

3 Формирование технико-экономического обоснования проекта и задания на проектирование.

Сложившийся образ технического и технологического оснащения станции не позволяет персоналу компании и оператора комплексно подходить к решению задачи повышения перерабатывающей способности станции. Персонал на местах загружен рутинными операциями, а попытки анализировать скоростемерные ленты, сопоставлять их с журналами перестановок или переводами стрелок чрезмерно трудоемки и не позволяют накопить технологически значимый объем информации. Гораздо более эффективно можно организовать работу железнодорожного узла и станции, оснащенных системой позиционирования и онлайн-телеметрии локомотивов (СПОТ-Л). Основанная на высоконадежной координатно-реперной технологии позиционирования с обменом информацией между бортовыми и постовыми устройствами в режиме реального времени система может предоставлять диспетчерскому аппарату визуальный динамический образ в виде мнемосхемы станции, на которой в квазимасштабном режиме отображается текущее состояние и дислокация локомотивов. Контроллер станционной работы ежесекундно обменивается информацией с бортовыми устройствами. Следует отметить что в отличие от традиционных систем телеметрии, передающих скорость, линейный пробег и GPS-координату, система СПОТ-Л построена по принципам ETCS/ERTMS level 2/3, которые позволяют определять состояние подсистемы по статусу целостности и протоколу синхронизации времени со станционным контроллером (например, оценить исправность бортового оборудования или работу двигателя внутреннего сгорания). Измеренная средняя задержка передачи данных с борта на пост с использованием радиоканала публичного оператора связи составляет менее 70 мс, что для систем такого назначения является очень хорошим показателем.

Решение по онлайн-отображению дислокации для диспетчера, безусловно, обеспечивает эффект в части повышения производительности работы диспетчера. Однако детализированное отображение технологических процессов в режиме реального времени следует дополнить расширенными временными интервалами данных от нескольких месяцев до нескольких лет. Средства визуального отображения и плеер-архив перемещений непригодны для проведения такого анализа. Обработка массивов телеметрии, содержащих сотни миллионов записей средствами языков обработки данных позволяет получить только средние значения (например, среднюю скорость локомотива за год, суммарный пробег локомотива). Попытки получения бо-

лее сложных параметров для анализа путем сопоставления посекундных координат и параметров движения с цифровой моделью инфраструктуры средствами баз данных трудновыполнимы из-за высокой вычислительной сложности. В ходе только одного такого расчета порождаются гигантские промежуточные структуры данных, время выполнения расчета которых измеряется часами, и для формирования качественного запроса требуется специалист с профилем знания языков обработки данных и владеющий практическим опытом работы на станции.

Важно отметить, что достигнутый в настоящее время уровень развития технических средств и информационных технологий обеспечивает глубокую обработку структуры Big Data в онлайн-режиме. Реализованная в СПОТ-Л онлайн-система обработки телеметрии способна без участия оператора анализировать изменения положения локомотива на цифровой модели станции, параметров движения и состояния бортовых систем и автоматически генерировать сообщения о технологически значимых событиях для постового контроллера и АРМ диспетчера.

В настоящее время данная система работает со следующими типами технологических событий:

- трогание и остановка;
- освобождение и занятие элемента;
- въезд и выезд из зоны;
- заход и выход из депо;
- стоянка в депо;
- полурейс;
- движение;
- стоянка;
- вход и выход за пределы станции;
- начало и окончание работы смены;
- запуск и остановка дизеля;
- разворот локомотива.

Создание механизма автоматического формирования технологических событий избавляет от необходимости хранения и обработки громоздких массивов исходной телеметрии, что значительно повышает возможности системы в части анализа результативности маневровой работы. Данный подход коренным образом меняет принципы учета событий, анализа и поиска проблемных / узких мест в маневровой работе. Так, технологическое событие «полурейс (осаживание группы вагонов)», занимающее порядка 14 минут, с точки зрения традиционных систем телеметрии – это 840 записей по изменению скорости и пробега. В новой нотации – это всего лишь одна запись, содержащая основные параметры полурейса (время и место начала движения), параметры траектории (перечень путей и стрелок с определением времени занятия, простоя на каждом элементе, средняя или техническая скорости).

Использование методологии оценки технологически значимых событий и применение выборки по задаваемым объектам и зонам позволяет без больших затрат формировать структурированные и пригодные для анализа массивы данных за длительные периоды (месяц, квартал, год). Например, исходный массив данных телеметрии за год – это более 600000 остановок и троганий локомотива, и анализ такой информации на предмет выявления узких мест – бесперспективная задача.

Первоочередной проблемой, требующей безотлагательного решения для крупных железнодорожных промышленных операторов, является формирование ключевых показателей оценки эффективности маневровой работы. Попытки оценивать такие средние параметры, как общее время в движении, пробег за сутки, простой, требуют определённого маркера-норматива для принятия решения об уровне их качества. Перспективным вариантом решения задачи является использование цифрового двойника высокой детализации с выполнением на его структуре имитационного моделирования.

I. V. KOROTKEVICH

INCREASE PROCESSING ABILITY OF INDUSTRIAL HUB AT USE THE DIGITAL TWIN TRANSPORT SYSTEM

The practical opportunity of increase an overall performance of industrial railway stations is considered at introduction of system positioning and online-telemetry of locomotives, using reper positioning with information interchange between onboard and other objects by devices in a mode of real time, that allows to form an adequate visual dynamic image of station with display of the current condition and place location of the rolling stock.

Получено 13.10.2023

**ISSN 2664-5025. Проблемы перспективного развития
железнодорожных станций и узлов. Вып. 5. Гомель, 2023**

УДК 656.2

П. В. КУРЕНКОВ

Самарский государственный университет путей сообщения, г. Самара,

А. В. АСТАФЬЕВ, В. В. ПРОЗОРОВ

Российский университет транспорта (МИИТ), г. Москва

ИСТОРИЯ ВАРШАВО-ВЕНСКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ И ВАРШАВСКОГО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО УЗЛА

Представлен исторический анализ по развитию железных дорог западных областей Российской империи после начала эксплуатации Царскосельской дороги, открывшей широкие перспективы эффективного применения железных дорог, железнодорожных станций и узлов для перевозки грузов и пассажиров.