

При наличии диспропорций наличной и потребной пропускной способности отдельных сооружений и устройств локомотивного хозяйства разрабатываются мероприятия по их устранению (изменение способов обслуживания поездов локомотивами, перераспределение между смежными депо программы технических обслуживания и текущего ремонта локомотивов и др.).

Пропускная способность деповских и экипировочных устройств, находящихся на стыковых станциях на границе Белорусской ж. д., должна рассчитываться той дорогой, которой принадлежит данная станция. При расчетах учитывается потребность в устройствах как для обслуживания локомотивов своей дороги, так и оборачиваемых локомотивов соседних дорог.

Максимальная пропускная способность рассматриваемого устройства локомотивного хозяйства: в локомотивах – $n_m = \frac{N_l^{гп}}{K}$, в парах грузовых поездов – $n_m = \frac{N_l^{гп}}{K} \alpha_l$, где $N_l^{гп}$ – количество локомотивов, обслуживаемых на рассматриваемом устройстве, для обеспечения заданных размеров грузового движения; K – коэффициент использования пропускной способности данного вида устройств, имеющихся в депо, ПТОЛ или пункте экипировки; α_l – коэффициент, показывающий количество пар грузовых поездов, приходящихся на один поездной локомотив, обслуживаемый рассматриваемым устройством.

УДК 656.212.5

МОДЕЛИРОВАНИЕ МАНЕВРОВЫХ ПЕРЕДВИЖЕНИЙ ПРИ ВЫБОРЕ ОПТИМАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПОДСИСТЕМ СОРТИРОВОЧНЫХ СТАНЦИЙ

С. А. ПОЖИДАЕВ, Ю. В. НЕНАХОВ

Белорусский государственный университет транспорта

Ю. К. КИРИЛО

Белорусская железная дорога

От параметров плана и продольного профиля эксплуатируемых сортировочных станций зависят основные показатели их работы, такие как перерабатывающая способность станции, энергетические затраты, стоимость переработки вагонов, безопасность работы и сохранность подвижного состава и грузов, простой подвижного состава и др. Оптимизация этих параметров особенно актуальна в современных условиях роста стоимости энергетических ресурсов. При этом сортировочные станции принято рассматривать по подсистемам «парк приема – предгорочная горловина – надвижная часть сортировочной горки», «вытяжки окончания формирования – горловина парка отправления – парк отправления» (например, для станций последовательного типа). При проектировании (реконструкции) параметры продольных профилей указанных подсистем для заданного схемного решения (облика станции) устанавливаются после оптимизации высоты сортировочной горки и конструкции продольного профиля ее спускной части на основе технико-экономических расчетов, т. к. с увеличением высоты горки возрастают строительные затраты на сооружение горки и ее техническое оснащение, эксплуатационные расходы, связанные с надвигом составов и работой тормозных средств, но сокращаются объемы маневровой работы на осаживание или подтягивание вагонов в сортировочном парке и эксплуатационные затраты на локомотивы.

Выбор оптимального продольного профиля ведется по минимуму приведенных затрат на одну маневровую операцию. При этом наиболее сложным и важным моментом является оценка энергетических затрат на маневровые операции, т. к. необходимо создать математическую модель движения состава, наиболее соответствующую реальным условиям с учетом непрерывно меняющихся плана и профиля пути, конструкции стрелочной горловины, метеорологии. Для первой подсистемы моделируется полурейс типа разгон – движение по инерции или торможение (РИ), что соответствует реальным условиям маневров и позволяет более полно оценить зависимость между силой тяги и производительностью локомотива. В основу данной модели положено дифференциальное уравнение движения поезда вида

$$f(v) - w_0(v) - w_{тр} - w_{кр}(v) - w_{сп}(v) - w_i(s) - b_T(v) - \frac{1}{\psi} \frac{d^2s}{dt^2} = 0.$$

Основными показателями, характеризующими уровень энергетических затрат в подсистеме, являются продолжительность маневровых операций, скорость и мощность локомотива, необходимая на их производство. Эти параметры определяются путем численного решения приведенного дифференциального уравнения движения поезда.

Продолжительность выполнения маневровых передвижений целесообразно определять с помощью моделирования процесса надвига на горку в численном виде в автоматизированном режиме. Расчеты ведутся по следующей схеме. Расчет удельных сопротивлений основного w_0 и дополнительных от уклона пути w_1 , от стрелочных переводов $w_{сп}$ и кривых участков путей $w_{кр}$, а также при трогании состава с места $w_{тр}$ соответствует действующей модели, определяемой Правилами тяговых расчетов. Для повышения точности расчетов важно также учитывать вероятностную природу изменения значений этих сопротивлений.

Характеристика силы тяги F для заданного локомотива задается таблично и определяется на каждом шаге моделирования интерполяцией в зависимости от скорости движения состава. Шаг приращения устанавливается 5–10 м. На основе полученных значений рассчитывается ускоряющее усилие, скорость движения состава на каждом шаге при тяге, общая продолжительность разгона и продолжительность выбега или торможения.

Произведение средней реализуемой мощности локомотива при разгоне на продолжительность разгона представляет собой работу, выполненную локомотивом при передвижении, и определяет расход топлива на маневровые операции в зависимости от характера передвижения, скорости и доли рабочего режима.

Ввиду значительной трудоемкости вычислений и необходимости рассмотрения большого количества вариантов профиля и выбора оптимального разработана компьютерная программа в среде DELPHI, автоматизирующая данные расчеты. Аналитическое интегрирование уравнения движения поезда в программе производится по этапам в пределах небольших интервалов пути, которые обеспечивают приращение скорости не больше 2 км/ч, что обеспечивает высокую точность расчётов. Изменение расстояния происходит от нуля до вершины горки и в обратном порядке. Такая структура алгоритма необходима для точного определения продолжительности разгона, движения по инерции или торможения с тем расчетом, чтобы на вершине горки скорость надвига соответствовала установленной скорости роспуска.

Исходными данными являются исследуемые параметры продольного профиля (уклоны и длины его элементов), тип маневрового локомотива и его характеристика, масса состава и число вагонов в составе, доли четырёх-, шести- и восьмиосных вагонов. Выборка всей необходимой информации из справочников (таблиц) программы производится при помощи SQL-запросов. Удельная сила тяги определяется при скорости движения, меньшей, чем сцепная, – по формуле, в остальных случаях – по тяговой характеристике (если не превышена допустимая скорость манёвров). Расчетные значения скорости, продолжительность различных режимов движения, расход топлива заносятся в результирующую таблицу на каждом шаге интегрирования. Результирующими данными программы являются значения механической работы локомотива, механическая работа всех сил сопротивлений, суммарный расход топлива и расходы по энергетическому показателю на 1 т·км механической работы.

По указанному алгоритму определяется расход топлива по существующему продольному профилю станции. При выполнении расчетов по оптимизации параметров профиля вручную перебираются все возможные по действующим нормам варианты уклона парка приёма, затем изменяется уклон пути надвига. После перебора всех вариантов уклона пути надвига изменяется величина уклона горловины, для которого опять осуществляется перебор всех вариантов уклона путей парка приёма и пути надвига. В дальнейшем возможно введение автоматического перебора вариантов с правом контроля пользователем.

Реализация в представленной программе модели процесса надвига составов на сортировочную горку на основе численного решения дифференциального уравнения движения поезда дает возможность достаточно точно оценить «вклад» конструкции плана и продольного профиля подсистем эксплуатируемых сортировочных станций в энергоёмкость перевозочного процесса, оптимизировать параметры этих конструкций по энергетическим критериям на основе технико-экономических расчетов.

Приведенная методика применена для расчета энергетических затрат на надвиг и роспуск составов на сортировочной горке станции Барановичи-Центральные. В качестве исходных приняты: план и профиль путей западного парка станции (последовательное расположение с сортировочным парком), маневровой локомотив ЧМЭЗ, скорость роспуска по зеленому огню горочного светофора – 5 км/ч, выборка из 300 расформированных составов. Средний расход дизельного топлива на надвиг и роспуск состава по расчету составил 14,4 кг. Полученное значение варьируется в зависимости от длины состава, его массы, пути приема поезда.

Необходимо отметить, что используемая модель является достаточно открытой для включения в нее дополнительных компонентов, позволяющих точнее описывать реальные условия работы. При этом развитие модели может вестись за счет учета вероятностной природы действия сил сопротивлений движению, нелинейной конструкции профиля пути, состоящей из элементов с вертикальными кривыми переменного радиуса, наилучшим образом аппроксимируемых сплайновыми функциями третьего порядка, влияния аэродинамики

состава на сопротивление движению, нелинейной аппроксимации тяговых характеристик маневровых локомотивов и учета их износа, метеорологических условий и других факторов.

УДК 656.11

ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ РОССИИ

С. В. САПОЖНИКОВ

Кубанский государственный технологический университет

1 *Усиление неравномерности в использовании мощностей инфраструктурных объектов.* Рост показателей транспортного сектора привел к возникновению ряда проблем (дисбалансов) в развитии транспортной инфраструктуры и основных фондов в целом, которые, как показывает опыт зарубежных стран, будут усугубляться по мере экономического роста. Эти дисбалансы являются причиной неудобств и противоречат концепции устойчивого развития. Значительная часть инфраструктурных объектов работает с превышением номинальной загрузки. Вместе с тем существуют объекты, оптимальная загрузка которых не может быть достигнута в среднесрочной перспективе. Так, оснащенность российских торговых портов не соответствует сложившимся и перспективным объемам внешнеторговых и транзитных грузопотоков, в результате чего около 25 % российских внешнеторговых грузов отправляются через иностранные порты.

2 *Несоответствие темпов развития автомобильных дорог темпам автомобилизации страны.* Отставание в развитии автомобильных дорог всегда было традиционной проблемой для России. С началом рыночных реформ, зарождением основ рыночной экономики эта проблема еще больше усугубилась. Слаборазвитая дорожная сеть страны стала оказывать негативное влияние на экономику, сдерживая развитие регионов, богатых природными ресурсами, и резко усугубила социальные проблемы населения, проживающего в населенных пунктах, не имеющих постоянной связи с внешним миром по дорогам с твердым покрытием. Бурный рост автомобилизации добавил еще одну немаловажную проблему – пробки и заторы на автодорогах, особенно в крупных городах. То есть существующая сеть автодорог по своим параметрам не соответствует реалиям сегодняшнего дня. Это ограничивает мобильность населения и сдерживает социально-экономическое развитие целых регионов.

Опыт зарубежных стран показывает, что темпы роста доли автомобильного транспорта примерно соответствуют темпам роста ВВП, поэтому экономический рост в России будет неизбежно сопровождаться ростом автомобилизации. Последствия роста интенсивности движения для существующей сети дорог предсказать нетрудно – сплошные транспортные «пробки» на подъездах к промышленным центрам, разрушение покрытий дорог, ухудшение экологической обстановки в зоне прохождения дорог, рост транспортных затрат и стоимости продукции. Таким образом, состояние дорожного хозяйства предопределяет уровень развития производственной и социальной сфер государства и обеспечивает надежную работу подавляющего большинства отраслей хозяйственного комплекса.

3 *Старение основных фондов транспортного комплекса и их неэффективное использование.* Основные фонды всех видов транспорта обновляются недостаточными темпами, их износ достиг в настоящее время 60–70 % и продолжает нарастать. При этом финансово-экономические механизмы, в том числе обеспечивающие воспроизводство основных фондов и инновации, недостаточно эффективны. В результате нарушения воспроизводственных процессов в течение последних 10–15 лет на транспорте наблюдается устойчивая тенденция физического старения инфраструктуры транспорта и парка транспортных средств. Все большая доля их эксплуатируется за пределами установленного срока службы. Это влечет за собой снижение уровня безопасности транспортного процесса, рост транспортных издержек и может стать причиной возникновения определенного дефицита провозных и пропускных возможностей в отдельных элементах транспортной системы.

4 *Значительные региональные несоответствия в развитии транспортной сети.* В настоящее время следует обратить внимание на региональный аспект развития транспортной сети: множество узких мест в развитых центральных районах и крупных городах (около 25 % от общей протяженности дорог) работают в режиме, превышающем оптимальный уровень загрузки и наличие периферийных областей, почти 10 % населения страны вообще не имеют круглогодичного доступа к опорной сети автомобильных дорог (в Сибири и на Дальнем Востоке большую часть года нет альтернативы самому дорожному виду транспорта – авиации). Разное развитие субъектов РФ достигает недопустимого уровня. Между тем имеется тесное взаимодействие между развитием транспортной системы и распределением экономической активности, то есть надежная транспорт-