

Анализ параметров горочных горловин станций Белорусской железной дороги на соответствие разработанным требованиям показал, что наибольшая концентрация критических условий взаимодействия на станциях наблюдается в горловинах, запроектированных с применением симметричных стрелочных переводов марки 1/6 (Брест-Восточный, Новополоцк, Барбаров, Гомель, Минск, Витебск и др.). Здесь значительно выше риски нарушения безопасности маневровой работы. При этом отклонения от предлагаемых величин прямых вставок между стрелочными переводами для ВМТ часто не превышают 1–1,5 м, а для ВУР разница составляет более 6 м.

В то же время ряд сортировочных горок (Жлобин, Лида, Волковыск и др.), построенных с применением марок переводов 1/9 и 1/11, практически полностью соответствуют предлагаемым требованиям (до 90 % путей обеспечивают безопасность маневров с ВМТ и ВУР).

Полученные ограничения снижают неопределенность при проектировании железнодорожных станций в части применения трудных и особо трудных условий проектирования, а также позволяют повысить безопасность и качество эксплуатационной работы за счет гарантированного обеспечения технической совместимости схем путевого развития и подвижного состава. Устраняется риск несцепления подвижного состава при маневрах, ликвидируются непредвиденные задержки в работе, облегчается труд причастных работников, снижается износ элементов подвижного состава и путевого развития, уменьшается шумовое воздействие в зоне маневров.

УДК 05.22.08

АВТОМАТИЗАЦИЯ И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ В СИСТЕМЕ ОРГАНИЗАЦИИ ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ

А. В. ФИЛИПКОВА

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

На сегодняшний день в ОАО «РЖД» наблюдаются затруднения, связанные с невозможностью организации ритмичного и стабильного продвижения вагонопотока. Данные затруднения негативно сказываются как на социальных, так и на экономических аспектах деятельности ОАО «РЖД» как гаранта транспортной и экономической безопасности Российской Федерации, в том числе на мировой арене.

Можно выделить две основные проблемы в организации и управлении вагонопотоком.

Организационный уровень – отсутствие адаптивного плана формирования. Эффективность и качество работы ОАО «РЖД», в частности Дирекции управления движением, традиционно оценивается по выполнению эксплуатационных показателей, а также плана формирования поездов. Принято считать, что выполнение графика движения и плана формирования поездов – есть получение максимальной прибыли ОАО «РЖД». На сегодняшний день план формирования поездов рассчитывается на основании единственного критерия эффективности – минимального количества вагоно-часов накопления и переработки. Его стоимость определяется по формуле

$$C = \sum_{i,j=1}^N \{ [cm]_{ij} + T_{ij}^{ЭК} \},$$

где N_{ij} – вагонопоток; i – номер станции зарождения потока; j – номер станции погашения потока; c – параметр накопления; m – состав поезда; $T_{ЭК}$ – экономия от проследования через станцию i без переработки.

Изложенная задача в математическом плане представляет собой однокритериальную задачу линейного программирования. Однако с существующим критерием оптимизации непосредственно связана небольшая доля всех эксплуатационных расходов и затрат на основные производственные фонды [4]. Кроме того, система технического нормирования существенно отстала от реалий сегодняшнего дня. В современных условиях приоритетами являются такие показатели, как сокращение сроков доставки грузов, обеспечение качества перевозочных услуг и снижение их себестоимости – так называемая клиентоориентированность, которая в совершенно другом ключе должна учитываться при расчете плана формирования поездов.

Постановка и решение исследуемой задачи как многокритериальной, учитывающей интересы всех участников перевозочного процесса при неукоснительном соблюдении безопасности позволит полнее охватить различные аспекты организации движения. Предлагается назначить следующие критерии, по которым будет определяться эффективность того или иного варианта организации вагонопотоков:

1) вагонокилометры – характеризует рациональность направления следования вагонопотоков и способствует сокращению кружности для полигонов с разными направлениями движения;

2) эксплуатационные затраты – учитывает стоимость всех технологических операций для доставки вагона грузополучателю;

3) срок доставки груза – уменьшает штрафные выплаты за несвоевременную доставку грузов, формирует лояльность грузоотправителей;

4) ограничения пропускной способности на момент расчёта – учитывает наличие отказов технических средств, технологические нарушения, ремонтные работы;

5) приоритетность пропуска – учитывает съём ниток ввиду наличия поездов более высокой приоритетности как коммерческой («выкупленная нитка графика»), так и социальной (пассажирские/пригородные поезда, воинские перевозки и прочее).

При этом следует полагать, что пункт 5 является ограничением.

Управленческий уровень – отсутствие гибкого графика движения поездов.

Первым приближением к переходу к «гибкому» графику движения поездов можно считать внедрение АПК «Эльбрус», основными задачами которого является организация поездной работы на полигоне за счёт сквозного планирования ремонта инфраструктуры, снижение затрат электроэнергии на тягу поездов за счёт движения поездов по энергоэффективным ниткам графика.

Однако эксплуатация АПК «Эльбрус» показала, что улучшений в организации работы за счёт его использования не происходит по следующим причинам:

– «окна» планируются на основании согласованных заявок, а не рационального полигонного продвижения вагонопотока, «четная технология» одной дороги планируется одновременно с «нечётной технологией» другой дороги;

– не учитываются или учитываются некорректно: пропускная способность станций (на станцию заходит большее количество поездов, чем имеется приемо-отправочных путей); время на выполнение технологических операций с поездом; вместимость приемо-отправочных путей станций, в том числе для обгонов и скрещений; наличие локомотивов и бригад; отказы технических средств и технологические нарушения;

– эффективность работы по-прежнему оценивается по выполнению качественных и количественных показателей;

– премирование дежурно-диспетчерского аппарата никак не увязано с выполнением вариантного графика АПК «Эльбрус».

Особенностью российских железных дорог, осложняющей управление железнодорожными перевозками, является движение грузовых и пассажирских поездов по одним и тем же путям железнодорожной инфраструктуры. Затруднения возникают в случае крупных сбоев (например, отказов в работе инфраструктуры, поломки подвижного состава, аварий и т. д.), необходимости выполнения работ по ремонту и содержанию пути и других объектов инфраструктуры, а также ввиду необходимости установления приоритетности грузовых поездов в зависимости от складывающейся эксплуатационной обстановки, так называемая «ручная регулировка» диспетчера [5].

Приоритет грузового поезда может повышаться поездным диспетчером по многим причинам: для выполнения норм непрерывной работы локомотивной бригады (приоритет у поездов с бригадами с «худшими» явками); при занятости путей приема на сортировочной станции поездами, ожидающими расформирования (повышается приоритет транзитных поездов); при задержках приема транзитных поездов на станции смены локомотивов или локомотивных бригад (повышается приоритет поездов на электровозной/тепловозной тяге); при ограничении приема транзитных поездов определенного направления ввиду неприема соседней дорогой/участком (повышается приоритет грузовых поездов определенного направления следования); при следовании поездов с особыми условиями пропуска (сдвоенных, повышенной массы и длины, с грузом ВМ, с ограничением скорости); при необходимости выполнения межпоездных энергетических интервалов для обеспечения устойчивой и бесперебойной работы контактной сети (осуществляется разграничение в движении тяжеловесных поездов). Приоритеты поездов необходимо корректировать при изменении условий

их продвижения по участку и учитывать при организации обгонов и скрещений. Решение по обгону или скрещению необходимо принимать заблаговременно, не допуская сближения поездов на недопустимо малый станционный интервал, при котором произошла бы недопустимая задержка приоритетного поезда при выборе этой станции. Дополнительно требуется проверять наличие на планируемой станции обгона или скрещения свободных путей с полезной длиной, соответствующей длинам поездов, специализацию пути приема. Таким образом, выбор «наилучшего» варианта остается за диспетчерским аппаратом. Это решение является объективным с учётом глубины информации в каждый момент времени, опыта, квалификации, часто является очевидным, но, возможно, не рациональным с точки зрения извлечения прибыли, так как не выражается чёткими математическими выкладками.

При этом основным требованием при расчёте «адаптивного» плана формирования является минимальная стоимость всех эксплуатационных затрат с учётом иных заданных критериев, а при формировании «гибкого» графика движения поездов – минимизация их задержек и стоянок.

Задача многокритериального изложения выбора оптимального варианта как для формирования адаптивного плана формирования, так и для выбора оптимального варианта организации и управления при $x \in X$ имеет вид:

$$\{f_1(x), f_2(x), \dots, f_k(x)\} \rightarrow \min,$$

где X – множество допустимых значений переменных x ; k – число целевых функций (критериев); f_i – значение i -го критерия (целевой функции), \min – означает, что данный критерий нужно минимизировать.

Способ решения заключается в свертывании критериев и введении одного агрегированного критерия – взвешенной суммы, то есть суммы критериев, каждому из которых приписан определенный вес. Веса назначаются экспертным путем. Оптимальный вариант отражает принцип справедливого компромисса, в соответствии с которым общее качество решения должно равняться нулю, если хотя бы один из частных критериев эффективности принимает нулевое значение (наличие ограничения по пункту 5).

Таким образом,

$$\prod_{i=1}^k f_i(x) \rightarrow \min.$$

В результате первого этапа определяется эффективное множество решений, на втором этапе – окончательный выбор предоставляется лицу, принимающему решение [1].

Эффективное управление работой полигона железнодорожной сети, представляющего собой совокупность железнодорожных направлений и узлов, связанных общими потоками вагонов и поездов, системой их организации и тягового обслуживания, требует создания единого информационного пространства и общих средств автоматизированной поддержки принятия решений, организации их выполнения и оценочно-контрольных действий. Основным решением указанных задач является разработка и внедрение на сети железных дорог единой интеллектуальной системы управления и автоматизации производственных процессов на железнодорожном транспорте – ИСУЖТ, которая позволит избежать инертности принятия решений, ошибок, субъективности в силу отслеживания частных интересов, часто неуместной интенсификации перевозочного процесса [3]. На основании данных о планах погрузки и сроках доставке грузов, информации о проведении ремонтных работ, текущей загрузке инфраструктуры, ИСУЖТ смоделирует процессы составления грузовых поездов, подвязки локомотивов и локомотивных бригад, поможет выбрать оптимальные маршруты следования, рассчитать адаптивный план формирования и график движения [2].

Список литературы

1 **Гришагин, В. А.** Анализ многокритериальных задач оптимизации : метод. пособие / В. А. Гришагин. – Нижний Новгород : Нижегородский госуниверситет, 2021. – С. 12.

2 **Капустин, Н. И.** Влияние ИСУЖТ на структуру диспетчерского управления перевозками на полигонах сети ОАО «РЖД» / Н. И. Капустин, Е. П. Капустина, Ю. В. Андреев // Интеллектуальные системы управления на железнодорожном транспорте. Компьютерное и математическое моделирование (ИСУЖТ-2017) : сб. тр. Седьмой науч.-техн. конф. – М.: НИИАС, 2018. – С. 70–72.

3 **Никитин, Т. А.** Интегрированная система управления поездной работой объединенного полигона / Т. А. Никитин // Железнодорожный транспорт. – 2016. – № 6. – С. 32.

4 **Подиновский, В. В.** Парето-оптимальные решения многокритериальных задач / В. В. Подиновский, В. Д. Ногин. – М.: Наука, 1982. – С. 42–46.

5 **Ghaemi, N.** Railway disruption management challenges and possible solution directions / N. Ghaemi, O. Cats, R. M. P. Goverde // Public Transp. – 2017. – No. 9. – P. 343–364.