

ВЛИЯНИЕ ГРАФИКА РАБОТЫ ЛОКОМОТИВНЫХ БРИГАД МЕТРОПОЛИТЕНА НА БЕЗОПАСНОСТЬ ДВИЖЕНИЯ

А. В. МАРКЕВИЧ, В. Г. СИДОРЕНКО

Российский университет транспорта (МИИТ), г. Москва

«Человеческий фактор» наряду с состоянием инфраструктуры и подвижного состава является основным фактором, влияющим на безопасность транспортных систем. Реализация научно-технического проекта «Цифровая железная дорога», реализуемого ОАО «РЖД», направлена на сокращение влияния «человеческого фактора». Одной из причин, определяющих уровень рисков в работе локомотивных бригад, является соблюдение режима труда и отдыха. Создание и внедрение современных автоматизированных средств планирования способствует повышению качества режима труда и отдыха. Данная статья посвящена актуальной задаче автоматизации планирования работы локомотивных бригад в рамках экосистемы автоматизированных средств планирования и управления перевозочным процессом метрополитена.

Результатом планирования функционирования транспортной системы является плановый график движения S_M^P (ПГД), например, пассажирских поездов метрополитена (ППМ). С S_M^P тесно взаимосвязаны график оборота S_V (ГО) электроподвижного состава (ЭПС) и график работы S_W (ГР) локомотивных бригад (ЛБ). Эти три графика (введем для них единое обозначение $S = \{S_M^P \cup S_V \cup S_W\}$), как и любой продукт, имеют жизненный цикл, на каждом из этапов которого они находятся в тесном взаимодействии.

При подготовке исходных данных для автоматизированного построения S проводится проверка условий реализуемости заданных размеров движения – проверка на наличие необходимых ресурсов, в том числе человеческих.

В ходе автоматизированного построения S_M^P по возможности учитываются ограничения на минимальную и максимальную продолжительность рабочей смены (РС) ЛБ, соответствие между временами окончания движения составов и начала их движения на следующий день с целью минимизации значений критериев качества S_W в ходе его последующего построения.

В ходе автоматизированного анализа и передачи S заинтересованным службам после успешного построения проводится расчет эксплуатационных измерителей и показателей качества каждого из элементов S .

По аналогии с тем, что для S_M^P вычисляются значения критериев равномерности ввода/снятия составов; интервалов движения, а для S_V – значения критерия равномерности проведения осмотров и ремонтов ЭПС, для S_W можно ввести критерии равномерности длительности РС, длительности периодов отдыха, интервалов времени между началами РС и рассчитывать их как для каждой ЛБ, состава или для S_W в целом.

Одновременно в качестве критерия качества S_W можно рассматривать количество ЛБ N_W , задействованных в его реализации.

Анализ результатов эксплуатации S предусматривает сравнение S_M^P и графика исполненного движения S_M^R (ГИД), вычисление значений эксплуатационных измерителей для S_M^R и сравнение с плановыми значениями, определение меры влияния возмущающих факторов на успешную реализацию элементов S . S_M^R позволяет оценить качество управления движением поездов метрополитена и устойчивости ПГД к воздействию возмущающих факторов.

По аналогии с критериями, введенными для оценки S_M^R , можно ввести критерии оценки качества исполнения S_V и S_W . Кроме фактических времен начала и окончания движения ЭПС и работы ЛБ, а также фактических продолжительности интервалов движения ЭПС без осмотров, длительностей осмотров, фактических периодов труда и отдыха ЛБ можно ввести следующие критерии качества:

– факт и величина превышения допустимых значений продолжительности интервалов движения ЭПС без осмотров, периодов труда и отдыха ЛБ; снижение длительностей осмотров ниже допустимых значений;

– реализация S_V и S_W :

- количество отмененных осмотров;
- количество перенесенных осмотров;
- количество дополнительно выполненных осмотров;
- коэффициент выполнения S_V (отношение количества фактически выполненных осмотров к количеству плановых);
- количество измененных рабочих смен;
- количество дополнительных рабочих смен;
- коэффициент выполнения S_W ;

– равномерность S_V и S_W :

- значения критериев равномерности S_V и S_W , вычисленных по данным S_M^P ;
- коэффициент равномерности выполнения S_V и S_W (отношения фактических значений критериев равномерности S_V и S_W , вычисленных по данным S_M^P , к их плановым значениям);

– время восстановления графика для S_W (с момента ликвидации причины сбоя до возвращения последней ЛБ в график) – время вхождения в график.

При модернизации S предлагаются решения по модернизации элементов S с целью повышения их качества и устойчивости к воздействию возмущающих факторов, а значит, минимизации значений выбранных критериев качества.

Процесс построения S_W можно рассматривать, как завершающий подпроцесс процесса автоматизированного построения S , который происходит после окончания построения S_M^P и S_V , или как один из подпроцессов процесса автоматизированных анализа и передачи S заинтересованным службам. Процесс построения S_W включает в себя несколько подпроцессов:

– формирование S_{MW} – графика работы основных ЛБ, непосредственно задействованных в реализации S_M^P ;

– формирование S_{HW} – графика работы подменных ЛБ, задействованных в реализации S_M^P во время перерывов в работе основных ЛБ;

– формирование S_{LW} – графика работы маневровых ЛБ, задействованных в реализации маневровых перемещений составов на станциях.

S_W представляет собой объединение этих трех графиков $S_W = \{S_{MW} \cup S_{HW} \cup S_{LW}\}$.

Множества основных M_{MW} , подменных M_{HW} и маневровых M_{LW} ЛБ могут пересекаться, так как одна и та же ЛБ в разные моменты времени может быть задействована в реализации различных действий. Множество ЛБ представляет собой объединение этих трех множеств: $M_W = \{M_{MW} \cup M_{HW} \cup M_{LW}\}$.

Авторами предлагается алгоритм построения S_{MW} , заключающийся в рекурсивном вызове процедуры добавления в S_{MW} РС, необходимой для реализации заданного элемента $S_V e_V$, начиная с заданного момента времени τ при заданной последовательности РС, реализующих предыдущие и текущий элементы ГО до момента времени τ , т. е. при заданном текущем составе M_{MW} и S_{MW} .

Результаты работы предложенного алгоритма можно иллюстрировать взвешенной раскрашенной ориентированной ациклической сетью (графом с помеченными вершинами, каждому ребру которого поставлено в соответствие некое значение (вес ребра). Количество цветов, использованных при раскрашивании сети, равно мощности множества M_{MW} .

Вершины этой сети соответствуют РС. Все вершины, соответствующие РС, реализуемым одной ЛБ, имеют один и тот же цвет. Если вершины соответствуют РС, реализуемым разными ЛБ, то они имеют разные цвета. Количество вершин равно мощности множества S_{MW} . Метка, поставленная в

соответствие вершине, представляет собой кортеж q , описывающий РС и содержащий информацию о ЛБ, реализующей эту РС, продолжительности РС, условиях отдыха перед и после РС.

Ребра этой сети раскрашены в два цвета. Светлые ребра соединяют вершины одного цвета и указывают на последовательность РС, реализуемых одной ЛБ. Их вес равен продолжительности периода отдыха между двумя сменами. Темные ребра соединяют вершины, соответствующие последовательности РС в рамках одного варианта реализации S_{ν} . Их вес равен продолжительности РС, которой соответствует вершина, из которой это ребро исходит. Все ребра начинаются в вершинах с более ранним временем начала РС, чем у РС, соответствующих их конечным вершинам. Веса ребер определяют величины слагаемых, входящих в состав критериев равномерности S_{MW} .

Представленный в публикации алгоритм можно рассматривать как вариант реализации «жадного» алгоритма. Его результаты могут составлять начальное множество вариантов построения (начальную популяцию в случае применения генетических алгоритмов), и после его реализации может быть выполнен алгоритм оптимизации.

УДК 656.212.5: 656.2.08

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ РАБОТЫ НЕМЕХАНИЗИРОВАННЫХ СОРТИРОВОЧНЫХ ГОРОК БЕЛОРУССКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ

В. Я. НЕГРЕЙ, С. А. ПОЖИДАЕВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Сортировочные горки являются наиболее эффективным средством выполнения маневровой работы на железнодорожных станциях по сравнению с другими типами сортировочных устройств (вытяжные пути со стрелочными горловинами на площадках и уклонах). Необходимо отметить, что безопасность функционирования и эксплуатационные показатели работы во многом зависят от параметров их конструкций и уровня технического оснащения. В настоящее время на Белорусской железной дороге эксплуатируется 27 сортировочных горок различной мощности и технического оснащения, основную долю которых составляют немеханизированные и частично механизированные сортировочные горки (16 и 5 соответственно) средней и малой мощности. Несмотря на относительно небольшую производительность (250–1500 ваг./сут), к ним предъявляются такие же требования, как и к другим типам горок большей мощности.

В 2019 г. завершается реализация Программы повышения уровня сохранности вагонного парка, сокращения эксплуатационных расходов при переработке вагонов на сортировочных горках Белорусской железной дороги на период 2017–2018 гг. (далее – Программа), утвержденной приказом от 26.01.2017 № 117 НЗ (с дополнениями и изменениями). Программа охватывала все сортировочные горки дороги, а для 14 немеханизированных горок предусматривалось выполнение технических мероприятий по их переустройству на основе обследования основных параметров, а также проектной документации на соответствие действующим Правилам и нормам проектирования сортировочных устройств ВСН 207–89, требованиям безопасности движения и сохранности перерабатываемого подвижного состава и грузов. В обследовании участвовали и специалисты БелГУТа. При выполнении Программы использованы новые научные логико-вероятностные методы анализа и проектирования сортировочных устройств, моделирования режимов их работы, что позволило в кратчайшие сроки выявить критические несоответствия в работе горок условиям безопасности движения, сохранности подвижного состава и проектным требованиям. При этом учитывалось все многообразие факторов, влияющих на работу того или иного устройства (вероятностные характеристики перерабатываемого вагонопотока, параметры актуализированного плана и профиля путей, климатические условия работы, место расположение и др.). Так, практически на всех обследуемых горках выявлено несоответствие их высоты расчетным значениям (станция Жлобин – завышение высоты на 0,7, Степанка – 0,23, Шабаны – 0,33, Орша-Центральная – 0,33 м эн. в. и др.), превышение скоростей входа тяжелых одиночных отцепов (наиболее сложные условия проверки) на горочные и даже парковые тормозные позиции (4,5 и 3,5 м/с соответственно) из-за нерационального размещения и дефицита мощности немеханизированных тормозных средств, трудности своевременного разделения отцепов