

УДК 656.222

**Логвинова Н.А., Папахова А.А.**, Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта, Украина

### **ОСОБЕННОСТИ ЭНЕРГООПТИМАЛЬНОГО ГРАФИКА ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ НА ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГАХ УКРАИНЫ**

В работе рассматриваются вопросы применения переменных тарифов на оплату электроэнергии, расходуемую на тягу грузовых поездов в период ускоренного движения дневных пассажирских экспрессов. Задачей исследования принята минимизация эксплуатационных расходов при распределении поездопотоков между параллельными ходами. В результате предложена схема системы регулирования энергоснабжения на базе информационно-управляющей системы АРМ-Э.

Ключевые слова: железнодорожные перевозки, расход электроэнергии, скоростное движение пассажирских поездов.

В настоящее время на железных дорогах Украины актуальной проблемой является определение рациональных параметров пропуска поездопотоков на железнодорожных направлениях с параллельными ходами с целью уменьшения эксплуатационных расходов железных дорог, связанных с грузовыми перевозками в условиях скоростного движения пассажирских поездов и дифференцированных по периодам суток стоимостей электроэнергии. Все это определяет необходимость поиска путей адаптации железных дорог к последствиям колебаний поездопотоков и рационального распределения их путей следования по параллельным направлениям.

Рациональное распределение поездопотоков на железнодорожной инфраструктуре с параллельными ходами в настоящее время осуществляется экспертным путем на основе данных о ранее выполненных объемах перевозок без применения технико-экономического обоснования. В условиях введения дневного ускоренного движения пассажирских поездов уменьшается имеющаяся пропускная способность железнодорожных направлений, которая вызывает необходимость использования основного движения грузовых поездов в ночное время суток. На железных дорогах Украины для скоростного пассажирского и грузового движения совместно используется единая инфраструктура. Для частичного разделения движений на Укрзализнице возможно лишь отдельная эксплуатация, которая может быть достигнута на железнодорожных направлениях с параллельными ходами.

Поставленной задачей исследования является распределение поездопотоков между параллельными ходами таким образом, чтобы грузовые перевозки были осуществлены с минимальными для железной дороги эксплуатационными расходами в условиях скоростного движения пассажирских поездов и дифференцированных по периодам суток тарифов на электроэнергию, которая потребляется на тягу поездов.

Для решения поставленной задачи необходимо разработать экономико-математическую модель работы железнодорожного направления с параллельными ходами.

Экономико-математическое моделирование грузовых перевозок является главной составляющей совершенствования эксплуатационной работы, основанной на качественном информационном обеспечении управления ею на базе автоматизации перевозочного процесса. Моделирование управления грузовыми перевозками базируется на расценке всех участков железнодорожного направления по показателям различной составляющей себестоимости перевозок, которая дает возможность в автоматизированном режиме получать информацию о расходах и доходах как по отдельным перегонам, так и на всем участке следования поездопотоков.

Уже в это время на отдельных железнодорожных направлениях украинской сети, особенно по направлениям к черноморским морским портам, ощущается дефицит пропускной способности, который возможно ликвидировать за счет повышения технического оснащения железнодорожной инфраструктуры, усовершенствования технологии пропуска поездопотоков и распределения последних, между параллельными ходами.

Методика определения себестоимости грузовых перевозок является исходной базой для последующих расчетов показателей экономической эффективности. Ее автоматизация дает возможность оперативно оценивать результаты использования методов эксплуатационной работы с целью повышения эффективности всего перевозочного процесса. Для формирования модели процесса управления грузовыми перевозками необходимо установить экономико-математические составляющие, которые учитывают особенность эксплуатационной работы [1].

При экономико-математическом моделировании однопутных участков с двухпутными вставками на каждой итерации, начиная с первичного плана, один грузовой поезд с основного направления передается на параллельное. На каждом шаге итерации, начиная с первичного плана, выполняется контроль ограничения пропускной способности направления. При передаче каждого грузового поезда с основного направления перевозок на параллельное, уменьшается количество скрещиваний грузовых поездов между собой и количества обгонов грузовых поездов пассажирскими, что уменьшает общее количество остановки поездов для выполнения этой операции.

В то же время, увеличение количества поездов на параллельном направлении увеличивает количество скрещиваний грузовых поездов между собой, но не увеличивает количество обгонов грузовых поездов пассажирскими, поскольку при двух парах пассажирских поездов графики движения по параллельному направлению возможно считать условно параллельным.

Экономико-математическое моделирование осуществляется до тех пор, пока функция общих годовых эксплуатационных расходов не стала минимальной.

Одним из направлений увеличения пропускной способности участков и реализации энергосбережения на тягу поездов, является внедрения интеллектуальной системы автоматического ведения поездов типа «УСАВП-П». Данный комплекс предназначен для автоматизированного управления локомотивами. В системе заложена программа «энергооптимального тягового расчета» на основании оптимальной траектории движения поезда, которая позволяет выбирать наиболее экономичный режим движения поезда, с учетом многих критериев (продольный профиль пути, ограничения скорости, масса поезда), а также проводить автоматический пересчет скоростного режима при непредвиденной остановке.

Актуальность развития и усовершенствования методов управления движением поездов связана с необходимостью использования критериев минимума стоимости электроэнергии, расходуемой на тягу поездов, в то время как в большинстве случаев на железной дороге применяют критерий минимума по-

требленной электроэнергии. При переменных тарифах на электроэнергию (разная стоимость по периодам суток, а в некоторых случаях и на разных железнодорожных участках) задача расчета существенно усложняется. Одновременно с этим возникает дополнительная проблема относительно изменения планирования и организации процесса перевозок.

Выбор оптимальных режимов движения поездов является одной из основных задач железнодорожного транспорта. Задача оптимального движения поездов, в первую очередь, определяется полнотой учета и совокупностью факторов, которые характеризует участок, во-вторых – разнообразными факторами и условиями процесса движения поездов с переменным профилем пути, а также силой, которая при этом возникает и так далее.

На основании данных о железнодорожном участке (поезд, локомотив, время движения, ограничения скорости, тарифы, которые используются для оплаты электроэнергии и др.) рассчитывается оптимальный по стоимости режим ведения поезда, который разрабатывается в виде карты участковой скорости или перегонных времен хода.

Полученные результаты могут быть основой методики оценивания экономической эффективности применения переменных тарифов и стоимостной организации процесса перевозок на электрифицированных участках.

При постановке задачи выбора оптимальных режимов ведения поездов необходимо учитывать следующие параметры: координату пути и времени; управление (номер позиции контролера); скорость центра массы поезда; массы локомотива и состава; коэффициент инерция масс, которые вращающаяся; ускорение силы тяжести; силу тяги локомотива; сопротивление поступательного движения поезда; действующую на поезд тормозную силу; температуру перегрева тяговых электродвигателей; тепловую характеристику и ток тягового электродвигателя, суммарную силу нажатия тормозных колодок; напряжение контактной сети; совокупность случайных факторов задачи. Кроме того, необходимо учитывать следующую характеристику – активный ток электровоза, эквивалентное сопротивление тяговой сети, тарифы на оплату электроэнергии по периодам суток.

При расчетах оптимальных режимов движения поездов выделяются три временной зоны [2]:

- ночная с 22 до 5 часов;
- полупиковая с 5 до 7, с 9 до 17, с 21 до 22 часов;
- пиковая с 7 до 9, с 17 до 21 часов.

Представленный вариант системы регулирования энергоснабжения использует в качестве управляющего общего модуля с использованием существующей информационно-управляющей система (АРМ – Э). Эта система функционирует в реальном режиме времени, и в настоящее время с помощью ее осуществляется автоматическое и автоматизированное телеуправление системой тягового

электроснабжения на большинстве электрифицированных участков железных дорог Украины.

Зависимость между объемами перевозок, энергопотреблением на тягу поездов и стоимостью электроэнергии с учетом часовых тарифных зон, получены по результатам исследований тягово-энергетической лаборатория Одесской железной дороги.

В условиях оптового рынка электроэнергии задачи относительного расчета оптимальных режимов ведения поездов должны решаться во взаимосвязи с задачей по оценке эффективности применения переменных тарифов оплаты электроэнергии. Для обеспечения возможности комплексного анализа необходимо разрабатывать уточняющие критерии эффективности применения переменных тарифов оплаты активной и реактивной электроэнергии для расчетов оптимальной режимной карты ведения поездов с учетом потребления электроэнергии.

Для определения экономической эффективности необходимо знать объемы потребленной электроэнергии на тягу поездов по периодам суток, и соотношение между стоимостными показателями.

Как показали расчеты, учитывая переменные по периодами суток тарифы на электроэнергию, получены рекомендации по выбору оптимальных, относительно расходов энергии режимов движения поездов, оказываются ограниченными. Разработаны более общие методы расчетов режимов управления движением поездов, которые учитывают как изменение по периодам времени тарифов, так и отличие в стоимости активной и реактивной составляющей электроэнергии.

При применении дневных ускоренных пассажирских экспрессов на однопутных линиях с двухпутными вставками грузовые перевозки преимущественно осуществляются в ночное время.

Экономическая эффективность от смещения графика движения грузовых поездов из пиковых и полупиковых в ночную зону составляет 8 млн. 909 тыс. гривен в год.

Последующей задачей является необходимость создания программных средств, которые дадут возможность выполнить анализ выгоды закупки железной дорогой электроэнергии на основе переменных тарифов, если известный график движения, а также рассчитать оптимальную по критерию минимума стоимость режимная карта управления тягой поездов.

### **Список литературы**

1. Логвінова, Н.О. Моделювання роботи залізничної інфраструктури з паралельними ходами / Н.О. Логвінова, Р.В. Вернигора, О.Ю. Папахов // Науковий Вісник НГУ. – Д. : НГУ, 2013. – Вип. 3. – С. 93–102.
2. Логвінова, Н.О. Зменшення експлуатаційних витрат за допомогою енерго-оптимального руху поїздів / Н.О. Логвінова, Д.О. Босий, О.М. Полях // Вісник ДНУЗТ. – Д. : ДПТ, 2012. – Вип. 42. – С. 110–114.