

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОЕЗДОПОТОКОВ НА НАПРАВЛЕНИЯХ С ПАРАЛЛЕЛЬНЫМИ ХОДАМИ

Введение. Реструктуризация железнодорожного транспорта Украины предусматривает внедрение на сети железных дорог новой эксплуатационной модели управления технологией перевозок, которая предусматривает гарантированное выполнение требований владельцев грузов к качеству перевозок, сокращению оборота подвижного состава и расходов железной дороги, связанных с перевозками. Инфраструктура железных дорог Украины представляет собой сеть, которая характеризуется наличием параллельных направлений перевозок с разной степенью загрузки, по которой следуют грузовые и пассажирские поездопотоки.

Показатели инфраструктурной составляющей железнодорожных направлений с параллельными ходами имеют разное обеспечение (вид тяги, продольный профиль пути, наличие искусственных сооружений и ограничений при движении по ним, количество главных путей на перегонах, длин станционных путей и др.).

В этой связи возрастает актуальность проблемы определения рациональных параметров пропуска поездопотока 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.

Оперативное планирование поездной и грузовой работы на железнодорожных направлениях с параллельными ходами должно обеспечивать выполнение заданных объемов перевозок и регулировочных заданий, технических норм использования подвижного состава, а также равномерность в поездной работе.

В современных системах применяется много различных методов прогнозирования.

Так на железных дорогах ОАО «РЖД» в системе ГИД-Урал ВНИИЖТ имеются элементы прогнозирования продвижения поездов по участку. Для каждого поезда в реальном масштабе времени строится план-график движения поездов на несколько часов вперед. План-график строится на основе нормативов времени продвижения поездов по участкам в зависимости от массы поезда.

В системе СИРИУС на основе метода ситуационного моделирования взаимосвязанных между собой объектов управления осуществляется: планирование погрузки, распределение погрузочных ресурсов, контроль за ходом погрузки и продвижением грузопотоков, моделирование организации погрузки и подвода грузов, прогнозируется продвижение грузов по транспортным коридорам.

В последние годы новые методы нормирования и прогнозирования все более стали использоваться в задачах системы ДИСПАРК.

В ЦУП ОАО «РЖД» осуществляется расчет основных показателей дорожного и сетевого суточного плана на следующие сутки. Расчет, как правило, осуществляется с помощью коэффициентов.

С определенной условностью применяющиеся сейчас методы прогнозирования можно разбить на две группы:

- прямое моделирование с использованием технологического или среднестатистического времени выполнения той или иной операции;
- определение наиболее вероятного времени выполнения операций или моделирование изменения объекта в зависимости от оперативно сложившихся факторов.

Одна из условностей такого деления заключается в том, что используемое для прямого моделирования среднестатистическое время учитывает бывшие в прошлом отклонения из-за различного рода возмущений.

При небольших отклонениях фактического времени выполнения той или иной операции от нормы (эталона) первый метод предпочтителен. Однако с увеличением периода и детализации планирования достоверность снижается. Отклонения от средней статистической величины времени выполнения той или иной операции для отдельных объектов управления достигают значительных величин.

На железных дорогах Украины прогнозирование поездопотоков осуществляется также на базе эталонов, которые в автоматизированном режиме рассчитываются по базе данных АСКВП УЗ Е.

Анализ современных информационных систем показал, что в зарубежных системах наибольшее внимание уделяется функциям управления, планирования и информационно-справочного обслуживания.

Целью прогнозирования поездопотоков является разработка и внедрение технологии организации распределения размеров движения грузовых поездов между направлениями с параллельными ходами, повышение качества транспортного обслуживания клиентов, ускорение продвижения поездопотоков, улучшение показателей использования подвижного состава.

Объектом исследования является процесс пропуска поездов на железнодорожных направлениях с параллельными ходами.

Предметом исследования является параметры прогнозируемых поездопотоков на железнодорожных направлениях с параллельными ходами.

Основная часть. В имеющихся научных работах влияние параметров поездопотоков рассматривается в аспектах эксплуатационной работы станции и участков, а в условиях реструктуризации Укрзализниці и передачи подвижного состава частным операторским компаниям, необходимо более эффективное использование инфраструктуры железной дороги, особенно имеющих параллельные ходы, благодаря которому возможно достижение сокращения сроков доставки грузов.

Для достижения поставленной цели необходима разработка и внедрение новой системы организации железнодорожных перевозок на основе информационных технологий с учётом прогнозирования объемов перевозок на железнодорожных направлениях, имеющих параллельные хода.

В этом случае экономическая эффективность работы железнодорожного транспорта достигается снижением эксплуатационных расходов за счет ускорения доставки грузов потребителям транспортных услуг [1]. Кроме того, применение прогнозирования поездопотоков позволяет заложить в график движения согласованные нитки между начальной и конечной станцией параллельных направлений.

Для решения поставленной задачи необходимо построение адекватной математической модели технологических процессов работы железнодорожных направлений с параллельными ходами и разработка методики технико-эксплуатационной и технико-экономической оценки того или иного варианта организации движения поездов между параллельными ходами с учетом ускоренного движения пассажирских поездов и дифференцированных тарифов на электроэнергию.

Железнодорожная инфраструктура с параллельными ходами характеризуется: количеством технической станции на направлениях, количеством главных путей на перегоне, системой связи и длиной блок-участков между станциями, видом тяги, продольным профилем, наличием инженерных сооружений, и т.п. К переменной составной железнодорожной инфраструктуры относятся: размеры движения пассажирских и грузовых поездов, их скорость и масса, существующая пропускная способность и загруженность направлений.

Современные условия функционирования железнодорожного транспорта Украины характеризуются постоянным изменением структуры и объема поездопотоков при наличии резервов пропускной способности железнодорожных направлений с параллельными ходами. Между элементами система имеет место физическая и информационная связь. Состояние системы характеризуется положением и состоянием ее отдельных элементов в пространстве и времени. Входом и выходом системы «железнодорожное направление» является пассажирский и грузовой поездопоток, который пропускается по параллельным ходам направления. Поведение этой системы обуславливается в основном влиянием системы управления и значительно зависит от объемов и параметров входного поездопотока.

Для прогнозирования поездопотоков на железнодорожных направлениях возможно применение принципиально нового и достаточно мощного класса алгоритмов для прогнозирования временных рядов с использованием построения моделей и получение на их основе прогнозов методами Бокса-Дженкинса. Самым известным и используемым из них является алгоритм ARIMA, который встроены практически в любой специализированный пакет для прогнозирования.

В классическом варианте ARIMA не используются независимые переменные. Модели опираются только на информацию, содержащуюся в предыстории прогнозируемых рядов, что ограничивает возможности алгоритма. В отличие от рассмотренных ранее методик прогнозирования временных рядов, в методологии ARIMA не предполагается какой-либо четкой модели для прогнозирования данной временной серии. Задается лишь общий класс моделей, описывающих временной ряд и позволяющих как-то выразить текущее значение переменной через ее предыдущие значения. Затем ал-

горитм, подстраивая внутренние параметры, сам выбирает наиболее подходящую модель прогнозирования.

Железнодорожное направление с параллельными ходами представляет собой сложную динамическую систему, связанную между собой инфраструктурной постоянной составляющей, которая представлена в виде графа, состоящего из R узлов и N ориентированных дуг, по которую осуществляются перевозки P видов невзаимозаменяемых поездопотоков, и переменной составляющей, к которой относятся размеры движения грузовых поездов по параллельными ходами, однопутным участкам с двухпутными вставками, что существенно влияет на количество обгонов и скрещений поездов между собой, а также коэффициента загрузки параллельных ходов, который оказывает значительное влияние на использование пропускной способности направлений.

Для проведения исследования и повышения эффективности организации движения поездов на железнодорожных направлениях с параллельными ходами за счет эффективного распределения размеров поездопотока необходимо использовать системный подход. Поэтому, при построении модели транспортной системы «железнодорожное направление с параллельными ходами» выполнена ее декомпозиция: модель железнодорожного направления разделяется на модели основного и параллельного ходов.

Изменение размеров поездопотока, его параметров, технологии пропуска между параллельными ходами влияет на загрузку железнодорожных объектов, что, соответственно, влияет на общие эксплуатационные расходы железной дороги. Задачей исследования является построение адекватной экономико-математической модели работы железнодорожного направления с параллельными ходами и эффективное распределение поездопотока между ними с целью уменьшения общих расходов железной дороги по пропуску грузовых поездов.

Для решения поставленной задачи возможно использовать линейную модель и методы линейного программирования.

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 движения на Укрзализнице возможно лишь раздельная 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.

При экономико-математическом моделировании функция эксплуатационных расходов зависит от размеров постоянного нераспределяемого поездопотока на каждом из параллельных ходов и размеров переменного распределяемого поездопотока между параллельными ходами. В качестве параметров функции на каждой итерации приняты соответствующие коэффициенты, которые зависят от размеров распределяемого поездопотока между параллельными ходами. При этом каждому из параллельных ходов поставлена в соответствие функция расходов $\varphi(x_1)$ – для основного направления перевозок и $\psi(x_2)$ – для параллельного направления, где x_1 – размеры движения распределяемых грузовых поездов по основному направлению перевозок, а x_2 – размеры движения распределяемых грузовых поездов по параллельному направлению перевозок.

Для решения поставленной задачи оптимального распределения поездопотоков на направлении с параллельными ходами необходимо, чтобы:

$$F(X) = \varphi(x_1) + \psi(x_2) \rightarrow \min$$

при ограничениях:

$$x = x_1 + x_2,$$

$$x_1 \geq 0,$$

$$x_2 \geq 0.$$

Эксплуатационные расходы, связанные с перевозкой, на однопутном участке с двухпутными вставками записываем в виде двух слагаемых

$$F(\tilde{A}_1, \tilde{A}_2) = F_1(\tilde{A}_1, \tilde{A}_2) + \square F_{\text{aa}}(N_{\text{a0}}) \rightarrow \min$$

где \tilde{A}_1, \tilde{A}_2 – грузопоток, соответственно, в прямом и обратном направлении;

$N_{\text{a0}} = \max(N_1, N_2)$ – размеры движения поездов в грузенном направлении;

N_1, N_2 – количество грузовых поездов каждого направления.

Расходы $F_1(\tilde{A}_1, \tilde{A}_2)$ представляются в виде:

$$F_1(\tilde{A}_1, \tilde{A}_2) = \sum_{i=1}^{i=7} C_i,$$

где C_1, C_2 – расходы на механическую работу по продвижению поездопотока в прямом и обратном направлениях соответственно;

C_3 – расходы на механическую работу по продвижению порожнего поездопотока;

C_4 – расходы, пропорциональные времени перевозок;

C_5 – расходы, пропорциональные длине пробега;

C_6 – расходы, пропорциональные объему груза, который перевозится;

C_7 – расходы, связанные с дополнительным простоем поездопотоков при смене локомотивов и локомотивных бригад, связанных с их оборотом или переломах массы поездов.

Составляющая $\square F_{\text{aa}}(N_{\text{a0}})$ – это дополнительные расходы, связанные с предоставлением “окон” или простоями поездов при невозможности организации безостановочного скрещения на однопутных участках с двухпутными вставками. Это слагаемое существенно отличается от нуля и монотонно нелинейно возрастает лишь при размерах движения, близких к максимальной пропускной способности участков.

Управляющими параметрами при моделировании выступают распределяемые поездопотоки в прямом и обратном направлениях (соответственно N_1 и N_2) и коэффициенты C_i .

В результате экономико-математического моделирования получено графическую зависимость минимальных эксплуатационных расходов на грузовые перевозки зависящие от размеров движения и направления следования распределяемого поездопотока между параллельными ходами.

Критерием выбора варианта распределения поездопотоков между параллельными ходами и процедурой оценки являются наименьшие эксплуатационные расходы железной дороги на грузовые перевозки распределяемого поездопотока в условиях ускоренного движения пассажирских поездов и дифференцированных тарифов на электроэнергию по периодами суток.

Оперативное решение относительно пропуска грузовых поездов распределяемого поездопотока принимается оперативным отделом службы перевозки Укрзализниці в зависимости от предварительной информации о назначении поездопотоков по 3 – 6 часовым периодам базы данных АСКВП УЗ Е.

Исследованиями загрузки и режимов работы локомотивов в разные периоды года было установлено, что на участках, где систематически наблюдаются особенно неблагоприятные погодные условия, ранее установленная норма массы поездов часто не может быть реализована локомотивами без снижения надежности их работы, которая влияет на устойчивость движения поездов на целом направлении.

Выводы. Распределение параметров поездопотоков на железнодорожных направлениях с параллельными ходами при их прогнозировании на основе методов Бокса-Дженкинса с использованием алгоритм ARIMA, который встроен в любой специализированный пакет для прогнозирования, позволяет в оперативном режиме осуществлять перевозки по железнодорожным направлениям с наименьшими эксплуатационными расходами для железной дороги.

Библиографический список.

1. Шапкин И.Н. Нормирование и прогнозирование на железных дорогах [Текст] / И.Н. Шапкин, Р.А. Юсипов, Е.М. Кожанов. М. 2006 г. - 255 с.
2. Логвинова Н.А. Экономико-математическое обоснование распределения поездопотоков на направлении железнодорожных перевозок с параллельными ходами Знаменка – Одесса [Текст] / Н. А. Логвинова // Вестник ДНУЗТ. Д.: ДИИТ, 2013. – Вип. 2 (44). - с. 92-98.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОЕЗДОПОТОКОВ НА НАПРАВЛЕНИЯХ С ПАРАЛЛЕЛЬНЫМИ ХОДАМИ

Аннотация. В работе рассматриваются вопросы преимущества и недостатков прогнозирования поездопотоков на железнодорожных направлениях с параллельными ходами. Рассматриваются организационно-технические вопросы распределения поездопотоков между параллельными ходами.

Ключевые слова. *Железнодорожное направление, прогнозирование поездопотоков, экономико-математическая модель.*

Сведения об авторах:

Логвинова Наталья Александровна

ассистент

Кафедра управления эксплуатационной работой

Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика

В. Лазаряна

ул. Ак. Лазаряна, 2, г. Днепропетровск, Украина, 49010

Контактный тел.: 067-524-43-22

E-mail: nata4ka2 @ mail.ru

Папахова Александра Александровна

Студентка группы 216

Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика

В. Лазаряна

ул. Ак. Лазаряна, 2, г. Днепропетровск, Украина, 49010

Контактный тел.: 063-447-75-03