

УДК 004.9

СИНТЕЗ МОДЕЛЕЙ КООРДИНАЦИИ ДВИЖЕНИЯ ПОДВИЖНЫХ СРЕДСТВ ЖЕЛЕЗНО- ДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА УКРАИНЫ

Д. Б. Аркатов

Аспирант

Кафедра автоматизированных систем

управления

Национальный технический университет

«Харьковский политехнический институт»

ул. Фрунзе, 21, г. Харьков, Украина, 61002

Контактный тел.: 063-228-38-06

E-mail: denarkatov@gmail.com

У даній статті розглянуто задачу синтезу моделі координації руху рухомих засобів, обґрунтована її актуальність для залізничного транспорту України. Запропоновано розглядати кожну диспетчерську зону на залізничному транспорті як ієрархічну систему

Ключові слова: координація руху, залізничний транспорт, інформаційні технології

В данной статье рассматривается задача синтеза модели координации движения подвижных средств, обоснована ее актуальность для железнодорожного транспорта Украины. Предложено рассматривать каждую диспетчерскую зону на железнодорожном транспорте как иерархическую систему

Ключевые слова: координация движения, железнодорожный транспорт, информационные технологии

This article discusses the problem of synthesizing a model of coordination of movement of mobile assets, validated its relevance to the railway transport of Ukraine. It is offered to consider each dispatching zone on the railway transport as a hierarchical system

Keywords: coordination of traffic, railway transport, information technology

1. Введение

Автоматизация управления железнодорожным движением стала современным и актуальным вопросом.

Важным звеном в этой проблеме является разработка алгоритмов координации движения большого количества поездов, которые находятся в зоне железнодорожных диспетчерских пунктов. Для таких алгоритмов самым важным требованием является обеспечение безопасности и регулярности движения всей совокупности поездов, а также принятие таких решений, которые были бы оптимальными с экономической точки зрения.

Подвижные составы, которые находятся в стадии отправления или прибытия, с целью безопасности движения должны быть разделены некоторым временным интервалом (минимально допустимым), который всегда учитывается при составлении графика движения.

Несмотря на это, под влиянием ряда причин расписание движения нарушается и возникают ситуации, когда подвижные составы оказываются неразделенными временным интервалом безопасности, создаются группы конфликтующих поездов. При высокой интенсивности движения группы конфликтующих на станциях или местах обгона могут быть достаточно большими. С другой стороны, сбой в запланированном графике движения может привести к последующим нарушениям движения (опоздание, конфликты на перегонах и т.п.).

Поэтому задача оперативного диспетчерского управления является актуальной для железнодорожного транспорта.

Опыт зарубежных стран показывает, что эффективное решение проблем диспетчеризации на железнодорожном транспорте возможно только с использованием современных информационных технологий [1]. Это обуславливает направление исследований, проводимых в данной научной работе и определяет цели исследования: повышение эффективности принятия решений при оперативном управлении движением на железнодорожном транспорте путем разработки и реализации моделей, методов и информационных технологий координации движения подвижных средств.

В данной статье рассматриваются вопросы синтеза математических моделей координации движения подвижных средств в рамках одной диспетчерской зоны управления.

2. Постановка проблемы

Анализ существующих систем управления движением поездов [2] показывает, что современные подходы строятся на использовании спутниковых систем навигации и GSM-технологии связи. Это обеспечивает своевременный обмен информацией о местонахождении поездов и изменениях в графике движения между бортовыми компьютерами подвижных средств и диспетчерскими центрами. Внедрение

подобных систем начато и в Украине [1,3], однако основное внимание отечественных разработчиков было направлено на разработку системы связи и организацию современных диспетчерских центров. При этом задача координации движения поездов остается по-прежнему актуальной.

Будем рассматривать каждую диспетчерскую зону управления как двухуровневую иерархическую систему, верхним уровнем которой является система управления, а на нижнем уровне отдельные подвижные составы. Используя спутниковые навигационные технологии [3], бортовые компьютеры подвижных составов передают по каналам связи данные о своем местоположении. Эти данные собираются в диспетчерском центре и являются входной информацией для решения двух задач оперативного управления:

1) проверка соответствия истинного времени прибытия-отправления поездов плановому графику движения;

2) координация движения поездов с целью минимизации отклонения от графика.

Для решения данных задач в рамках информационно-аналитической системы управления диспетчерского центра необходимо: формализовать задачу координации движения поездов; разработать критерии решения задачи и построить математическую модель.

3. Критерии оптимальности задачи координации движения подвижных средств

Система оперативного управления и координации движения поездов, находящихся в некоторой зоне управления, должна обеспечить решение следующих основных задач.

Первая из них состоит в определении очередности и истинного времени прибытия или отправления поездов.

Вторая заключается в обеспечении бесконфликтности движения на перегонах. При устранении конфликта необходимо осуществить такое управление, которое не дает в дальнейшем конфликтов с другими поездами, минимизирует отклонение от расписания движения поездов и минимизирует затраты, связанные с этим управлением.

Количество возможных конфликтных ситуаций формально определяется числом невыполняющихся неравенств, рассмотренных ниже. Для каждой точки пересечения железнодорожных путей условие бесконфликтности можно записать следующим образом:

$$|t_i^A - t_j^A| \geq \Delta t^A, \quad (1)$$

где t_i^A, t_j^A – время прохождения точки A поездами i, j соответственно; Δt^A – минимально допустимый с точки зрения безопасности движения временной интервал сближения поездов в точке.

В случае обгона для точек начала и конца участка обгона должно соблюдаться условие (1), а также необходимо выполнить условие обгона

$$(t_i^A - t_j^A)(t_i^B - t_j^B) < 0 \quad (2)$$

При прохождении общего участка бесконфликтность движения обеспечивается выполнением условий (1) для точек начала и конца общего участка, а также условием безопасного освобождения перегона

$$(t_i^A - t_j^A)(t_i^B - t_j^B) > 0 \quad (3)$$

Общее число невыполняющихся неравенств (1)-(3) является критерием бесконфликтного движения. Обозначим через f_1^B – число невыполняющихся неравенств (1)-(3) для i -го поезда.

Критерий, учитывающий отклонение от истинного времени прибытия или выхода из зоны, определяется функцией цели

$$f_2^B = |t^B(u) - t^B|,$$

где t^B – истинное время прибытия для i -го поезда или время выхода из зоны управления для отправляющихся и проходящих поездов.

Критерий, учитывающий затраты на управление, имеет вид

$$f_3^B = c_j^B u_j^B (u_j^B \in U),$$

где u_j^B – j -й вид управляющего параметра i -м поездом; c_j^B – весовой коэффициент i -го управляющего параметра; U – множество управляющих параметров.

Применяемые управляющие воздействия могут быть двух типов:

1) перевод подвижного состава на другой путь, отличный от запланированного;

2) задержка подвижного состава на диспетчерских пунктах с целью увеличения интервала времени до достижения точки конфликта.

Система оперативного автоматического управления движением множества поездов в зоне управления является системой с явно выраженной замкнутой иерархической структурой, состоящей из двух уровней иерархии.

Объединение локальных подсистем осуществляется путем введения глобальных критериев оптимальности для верхнего уровня иерархии (железнодорожной диспетчерской зоны). Глобальные критерии для второго уровня иерархии определяются функциями цели F , которые зависят от суммы отдельных функций цели для подсистем. Проверка неравенств (1)-(3) для всего множества поездов, находящихся в диспетчерской зоне, определит общее число конфликтных ситуаций.

$$F_1 = \sum_{\alpha} f_1^{\alpha}$$

Задача верхнего уровня состоит в управлении движением поездов в зоне так, чтобы минимизировать общее число конфликтных ситуаций, что вы-

ражается критерием оптимальности для верхнего уровня F_1 .

Второй критерий для верхнего уровня, учитывающий отклонение от истинного времени прибытия или выхода из зоны управления, определяется функцией цели

$$F_2 = \sum_{\alpha} f_2^{\alpha} = \sum_{\alpha} |t^{\alpha}(u) - t^{\alpha}|.$$

Третий критерий верхнего уровня, учитывающий затраты на управление, определяется выражением

$$F_3 = \sum_{\alpha} f_3^{\alpha} = \sum_{\alpha} c_j^{\alpha} u_j^{\alpha} (u_j^{\alpha} \in U).$$

Таким образом, наличие нескольких критериев при некотором множестве типов управляющих параметров определяет задачу координации подвижных средств как задачу принятия сложного решения в объектах с иерархической структурой.

Для первого критерия задано предпочтение по важности $F_1 > F_2$ и , а критерии F_2 и будем считать равноценными. По критерию необходимо достичь абсолютного оптимума, т. е. число конфликтов должно быть равно нулю.

Поскольку управление при конфликте может осуществляться различными типами управляющих параметров, то решение задачи по первому критерию

определит некоторое множество значений управляющих параметров. Затем из множества управляющих параметров определим одно, которое наилучшим образом соответствует оставшимся двум критериям F_2 и , т. е. найдем компромиссное управляющее воздействие.

4. Выводы

Таким образом, в данной статье на основе анализа предметной области и состояния решения задачи оперативного диспетчерского управления движением железнодорожного транспорта в Украине получены следующие результаты:

- 1) осуществлена постановка проблемы координации движения подвижных средств;
 - 2) сформулированы условия бесконфликтного движения поездов;
 - 3) описаны критерии оптимальности, а именно: критерий бесконфликтности движения; критерий, учитывающий отклонение от истинного времени прибытия; критерии, учитывающий затраты на управление;
 - 4) формализованы критерии для верхнего уровня управления в железнодорожной диспетчерской зоне.
- Направлением дальнейших исследований является разработка алгоритмического обеспечения задачи координации движения подвижных средств не только внутри одной диспетчерской зоны, а также и на уровне всей железнодорожной зоны Украины.

Литература

1. Борушко Ю.М. «АСУ «Навигация и управление» на основе спутниковых технологий для железнодорожного транспорта» / Ю. М. Борушко, С. Б. Семенов, Н. Н. Титов // Спутниковые технологии и системы цифровой связи на службе железных дорог. – М. : ВНИИАС, 2007. – С. 33–37.
2. Гапанович В. А. Системы автоматизации и информационные технологии управления перевозками на железных дорогах / В. А. Гапанович, А. А. Грачев и др. – М.: Маршрут, 2006. – 544 с.
3. Борушко Ю.М., Титов Н.Н., Остапчук В.Н. «Применение спутниковых технологий на опытном полигоне южной железной дороги «Укрзалізниця»» / Ю. М. Борушко, Н. Н. Титов, В. Н. Остапчук // «Евразия вести». – М. : ОАО РЖД, 2008. – С. 11-13.