

Интеллектуальные системы управления

УДК 625.1:004.94

И. М. Кокурин, д-р техн. наук

Институт проблем транспорта им. Н. С. Соломенко
Российской академии наук

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ ПОЕЗДОВ НА ОСНОВЕ АВТОМАТИЗАЦИИ ДИСПЕТЧЕРСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ И ЦЕНТРАЛЬНОГО АВТОВЕДЕНИЯ

Предлагаются технические решения и рассматриваются перспективы применения комплекса систем диспетчерского регулирования и центрального автоведения поездов в пределах диспетчерских участков. Особое внимание уделяется взаимодействию этих систем, прогнозированию моментов времени прибытия поездов на станции, обеспечивающему передачу на локомотивы данных, адекватных изменяющимся условиям движения поездов. Показано, что составление достоверных прогнозов моментов времени прибытия поездов на станции возможно только при получении оперативной информации о движении каждого поезда в границах каждого диспетчерского участка на основе тяговых расчетов и имитационного моделирования движения реальных поездов. Установлено, что только объединение систем автоматизированного диспетчерского регулирования и центрального автоведения поездов в границах каждого диспетчерского участка и оперативная обработка информации центральным устройством железнодорожного полигона обеспечит достоверный прогноз моментов времени прибытия каждого поезда на стыковые станции полигона, регионов и на основные технические станции.

диспетчерское управление движением; центральное автоведение поездов; интеллектуальная система автоматизации управления движением поездов

Введение

Исследования показывают, что неожиданные отклонения движения поездов от нормативного расписания и отказы технических средств неизбежны [1]. Изменяющейся информацией об условиях движения каждого поезда по управляемому участку и способах достижения наилучших результатов работы [2–4] владеет только поездной диспетчер. За ним остаются единоличное принятие, корректировка и реализация решений по организации движения каждого поезда. Только решения, принятые поездным диспетчером, адекват-

ны неожиданно возникающим условиям движения поездов и могут передаваться для выполнения на локомотивы центрального автоведения. Основной целью создаваемых интеллектуальных систем автоматизации диспетчерского регулирования и центрального автоведения остается развитие информационного обеспечения, помогающего диспетчеру выполнять эти функции [5–7]. Лишь оперативно обрабатываемая информация от поездных диспетчеров может служить основой прогнозирования моментов времени прибытия поездов на стыковые станции железнодорожного полигона, регионов и основные технические станции.

1 Состав комплекса интеллектуальной системы управления движением

Входящая в состав комплекса интеллектуальной системы управления движением поездов (ИСУДП) микропроцессорная диспетчерская централизация (МДЦ) способна посредством телеконтроля обеспечить слежение за перемещением подвижных единиц по диспетчерскому участку, используя рельсовые цепи автоблокировки на перегонах и изоляцию путей на станциях при электрической централизации [1]. Возможно использование системы счета осей подвижных единиц и/или определение координаты подвижных единиц с помощью GLONASS/GPS.

Необходимо обеспечить надежную идентификацию поездов и подвижных единиц по их номерам и передачу этой информации в базу данных комплекса и на монитор поездного диспетчера. Автоматическое дополнение этой информации сведениями о моментах времени занятия и освобождения рельсовых цепей подвижными единицами обеспечит определение длительности движения между известными координатами пути следования и оценку средней скорости.

Наличие в базе данных комплекса информации о координатах светофоров и границах защитных участков даст возможность сопоставления с ними мест расположения поездов и определения показаний локомотивной сигнализации, что важно для автоматического создания межпоездных расстояний, необходимых для движения поездов на зеленые огни светофоров.

Разработанная ИПТ РАН и успешно испытанная на Октябрьской дороге в 2011 г. автоматизированная система выдачи информации о перегонном времени хода (АСВВХ) дополнена расчетами энергосберегающих режимов вождения грузовых поездов, выполняемыми модулем тяговых расчетов ЭРА (экспертиза, расчеты, анализ), созданным специалистами Дальневосточного государственного университета путей сообщения (Хабаровск) [8]. Система имитационного моделирования строит прогнозные графики движения каждого поезда, прокладывая энергоэкономные линии хода грузовых поездов в интервалах между пассажирскими, пригородными и другими поездами,

пропускаемыми по расписанию. Машинистам тепловозов вручаются при получении предупреждений об изменениях установленной скорости распечатки по координатных расписаний, скоростей и положений контроллера, обеспечивающих заданное время хода по диспетчерскому участку при экономии топлива. Предлагается заменить распечатки передачей по защищенному радиоканалу на локомотивные устройства центрального автоведения информации о расписаниях движения, по координатных скоростях и положениях контроллера, обеспечивающих адекватные условиям движения поездов и энергоэкономные режимы ведения поездов.

Достоверный прогноз моментов времени прибытия поездов на станции диспетчерского участка достигается дополнением МДЦ системой тяговых расчетов ЭРА, взаимосвязанной с автоматизированной системой управления выдачей и отменой предупреждений (АСУВОП-2). В итоге такая комплексная система способна оперативно выполнять тяговые расчеты параметров движения каждого поезда при выдаче предупреждений об изменениях установленной скорости и рассчитывать энергоэкономные режимы движения поездов с тепловозной и электрической тягой.

Точность тяговых расчетов параметров движения поездов может быть существенно повышена на основе измерения и ввода в базу данных комплекса тяговых и топливно-энергетических характеристик локомотивов с помощью системы АСК-ВИС, действующей в комплексе с системами АСВВХ и ЭРА. Необходимо исследовать возможность получения этих данных с локомотивных устройств центрального автоведения по радиоканалу в дополнение к проверке действия автотормозов в пути следования.

В условиях движения поездов по нормативному графику этот комплекс строит прогнозируемый график, сохраняя графиковые станции обгонов и скрещений, и отображает его на мониторе диспетчера в целях анализа, одобрения и передачи расписания на локомотивы центрального автоведения для исполнения.

В случаях опозданий поездов, информацию о которых требуется передать на соседние диспетчерские участки по нормативному расписанию (пассажирских, пригородных, контейнерных и т. д.), комплекс с помощью тяговых расчетов и имитационного моделирования определяет возможность нагона опозданий, строит и отображает на мониторе диспетчера фрагмент предлагаемого графика движения, который после одобрения диспетчером в виде расписания передается на локомотивные устройства автоведения для исполнения.

При значительных отклонениях диспетчеру с помощью комплекса приходится выполнять обгоны и скрещения поездов на станциях, не предусмотренных нормативным графиком, которые определяются с помощью тяговых расчетов и сравнений межпоездных и станционных интервалов и имитационного моделирования движения поездов, с учетом условий [1], минимизирующих задержки приоритетных поездов и стоянки останавливаемых поездов, ожидающих проследования неостанавливаемых.

Важным направлением развития МДЦ является включение в модуль телеконтроля технических средств передачи поездному диспетчеру оперативно прогнозируемых дежурными по техническим станциям, операторами пунктов технического обслуживания вагонов и диспетчерами соседних диспетчерских участков моментов времени окончания или начала технологических операций (освобождения путей в парках приема перерабатываемыми, транзитными и местными поездами, готовности составов к отправлению, начала или окончания задержек приема поездов на соседние диспетчерские участки), а также причин затруднений в работе и т. д. Использование этой информации в автоматически выполняемых расчетах прогнозируемых моментов времени окажет существенную помощь поездному диспетчеру в организации поездной и местной работы на управляемом участке.

Анализ [1] показывает, что автоматическое задание маршрутов по нанесенным диспетчером на монитор МДЦ линиям хода поездов эффективно только при условии, что в процессе движения поездов диспетчеру не потребуется изменять нанесенный на монитор фрагмент прогнозируемого графика. На однопутных участках такие изменения, включая двух- и трехкратные, могут потребоваться для 80% планируемых диспетчерами линий хода поездов. В этих условиях диспетчеру гораздо проще задавать окончательно определенные маршруты поездов вручную, указывая их границы на мониторе.

Алгоритм установки конфликтных маршрутов при использовании МДЦ должен исключать перевод стрелки под составом при потере поездного шунта и кратковременном выключении электропитания рельсовых цепей.

Задавать встречный маршрут отправления при скрещении ожидающему поезду необходимо не в момент размыкания конфликтной стрелочной секции безостановочно пропускаемым встречным поездом, а после получения достоверной информации о занятии этим поездом первой секции маршрута отправления в другой горловине станции. В такой ситуации прибывающий поезд нормальной длины, занимая путь приема и первую секцию маршрута отправления, обязательно освободит конфликтную секцию маршрутов приема и встречного отправления.

Устанавливать маршрут приема обгоняющему поезду следует после замедления на 15–25 секунд размыкания конфликтной секции маршрута приема останавливаемого для обгона попутного поезда.

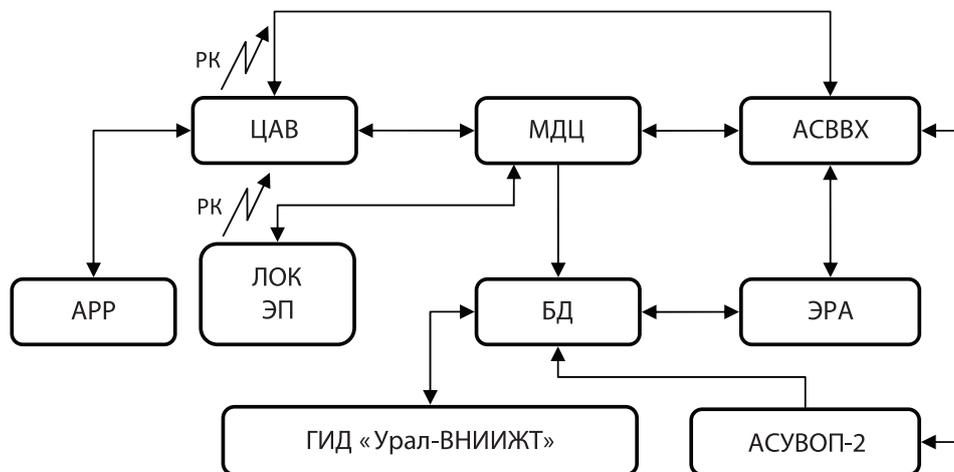
Система имитационного моделирования предусматривает автоматическое построение вариантных графиков движения поездов с учетом требуемых ограничений скоростей при вводе в базу данных (БД) системы (таблицы Excel) данных о координатах, времени предоставления и длительности «окон» на каждые сутки планирования ремонтных работ.

Результаты эксплуатации МДЦ, максимальный учет особенностей диспетчерских участков, уточнение тяговых расчетов, статистические дан-

ные о параметрах движения поездов повысят точность прогноза моментов времени прибытия на станции, что создаст условия для сокращения длительности стоянок и улучшения показателей работы на диспетчерских участках.

Включаемый в состав предлагаемого комплекса модуль анализа результатов работы должен выполнять объективный, корректный анализ результатов работы дежурных по станциям, машинистов и поездных диспетчеров, помогая определять причины затруднений в работе и способы их преодоления.

Комплекс интеллектуальной системы управления движением поездов схематически представлен на рисунке.



Взаимодействие модулей интеллектуальной системы управления движением поездов

Интеллектуальная система управления движением поездов предусматривается для диспетчерского участка и включает следующие модули:

МДЦ – микропроцессорная диспетчерская централизация;

ЭРА – система оперативных тяговых расчетов и экспертного анализа;

БД – база данных комплекса;

ГИД «Урал-ВНИИЖТ» – автоматизированная система ведения и анализа графика исполненного движения;

АСУВОП-2 – автоматизированная система управления выдачей и отменой предупреждений;

АСВВХ – система выдачи информации о времени хода, адаптированная к работе с системой ИСУДП;

ЦАВ – система центрального автоведения поездов;

РК – цифровой радиоканал;

ЛОК – локомотив поезда;

ЭП – электропоезд;

АПП – модуль анализа результатов работы ИСУДП.

2. Взаимодействие подсистем в интеллектуальной системе управления движением

Взаимодействие модулей интеллектуальной системы предлагается организовать следующим образом.

В БД системы требуется загрузить необходимую для тяговых расчетов постоянную информацию (план и профиль пути, схематические планы станций и путевые планы перегонов, тяговые и топливные характеристики локомотивов) и, по мере поступления, переменную информацию о составах и поездах из ГИД «Урал-ВНИИЖТ» и предупреждениях об изменениях установленной скорости из АСУВОП-2 [9, 10].

При поступлении на диспетчерский участок информации о прогнозируемом времени прибытия поезда на первую по направлению его движения станцию модуль АСВВХ рассчитывает прогнозируемые моменты времени прибытия поезда на расположенные впереди станции участка. Сравнивая станционные интервалы с координатами первого идущего впереди попутного поезда, а на однопутном участке, возможно, и первого встречного, система планирует станцию обгона или скрещения согласно условиям соблюдения станционных интервалов [1].

При отсутствии затруднений модуль АСВВХ строит фрагмент прогнозируемого графика движения, отображает его на мониторе диспетчера, рассчитывает по координатным скоростям движения ожидаемого поезда до планируемой станции обгона или скрещения, передает эту информацию на монитор диспетчера. При открытии диспетчером с помощью МДЦ ожидаемому поезду входного светофора эта информация передается в модуль ЦАВ.

Модуль ЦАВ передает по РК на бортовое устройство автоведения локомотива ожидаемого поезда сведения о по координатным скоростям движения по первой станции и следующему за ней перегону. Этот модуль выполняет функции устройств интервального регулирования и автоведения. Для повышения безопасности и надежности движения поездов на локомотивах сохраняются устройства автоматической локомотивной сигнализации и телемеханической системы контроля бодрствования машиниста [11–13].

С целью создания для машиниста условий для контроля правильности действий ЦАВ на локомотивном мониторе следует по координатно отображать значения задаваемой скорости, положения контактора и координаты начала и конца этой скорости, а также моменты достижения этих координат и фактическую скорость поезда. Машинисту необходимо предоставить возможность корректировать рассчитанные комплексом ЦАВ рекомендации по ведению поезда и принимать решения по их выполнению.

Информацию о фактическом моменте времени отправления поезда со станции МДЦ передает в БД, когда идущий с занятого пути отправления

поезд, идентифицированный по номеру (индексу), занимает первую изолированную секцию за открытым выходным светофором. Длительность движения поезда от станции отправления до вступления на третий блок-участок приближения к станции, ограничивающей перегон, рассчитывает модуль АСВВХ и передает в БД как разность между моментом времени вступления поезда на третий блок-участок приближения и моментом времени отправления.

Информацию о фактическом моменте времени прибытия поезда на станцию МДЦ передает в БД, когда поезд, идентифицированный по номеру (индексу), занимая путь приема, освобождает замкнутую последнюю изолированную секцию маршрута приема. Длительность движения поезда от станции отправления до прибытия на станцию, ограничивающую перегон, рассчитывает модуль АСВВХ и передает в БД как разность между моментами времени прибытия поезда на станцию и его отправления с предыдущей станции.

Прогнозируемые моменты времени прибытия и отправления на проследованной поездами части диспетчерского участка автоматически заменяются фактическими, а прогнозируемые моменты времени на еще не проследованной части при необходимости корректируются ИСУДП и диспетчером.

С целью накопления и обобщения опыта оперативного персонала и повышения точности прогноза моментов времени прибытия поездов на станции диспетчерского участка предлагается использовать МДЦ, дополненную фиксацией моментов времени, для автоматического сбора статистических данных, подлежащих математической обработке. К этим данным следует отнести длительность движения каждого поезда с отправления со станции начала каждого перегона до занятия третьего участка приближения к станции конца перегона, перегонное время хода, станционные интервалы и длительность стоянок при скрещении и обгонах поездов. Сравнение этих данных с расчетными позволит модулю АРР автоматически определять причины затруднений движения каждого поезда: движение при желтом огне локомотивного светофора; остановка на перегоне, перед входным светофором и в местах, включающих или затрудняющих трогание поезда с места; длительные стоянки на станции и т. д.

Заключение

Предлагаемая структура комплекса интеллектуальной системы управления движением поездов на основе объединения в границах диспетчерского участка автоматизированного диспетчерского регулирования и ЦАВ обеспечит оперативную передачу на локомотивы адекватную складывающимся условиям движения каждого поезда и энергоэкономных по координатным скоростям информацию о времени хода и позициях контроллера.

Оперативная обработка центральным устройством железнодорожного полигона этой информации по каждому диспетчерскому участку обеспечит максимально достижимую точность прогнозов моментов времени прибытия каждого поезда на стыковые станции обслуживаемого полигона, стыковые станции регионов и основные технические станции.

Библиографический список

1. Кокурин И. М. Теоретические и технологические основы построения адаптивной системы диспетчерской централизации / И. М. Кокурин // Автоматика на транспорте. – 2017. – Т. 3. – № 3. – С. 345–354.
2. Гавзов Д. В. Диспетчерские центры управления / Д. В. Гавзов, А. Б. Никитин // Транспорт : наука, техника, управление. – 1993. – Т. 2. – С. 2.
3. Саенко Н. Н. Автоматизация диспетчерского управления перевозочным процессом / Н. Н. Саенко, Д. В. Гавзов, А. Б. Никитин // Автоматика, телемеханика и связь на железных дорогах. – 1995. – № 6. – С. 9.
4. Талалаев В. И. Концентрация диспетчерского управления / В. И. Талалаев, Д. В. Гавзов, А. Б. Никитин // Железнодорожный транспорт. – 1997. – № 9. – С. 30.
5. Theeg G. Railway Signalling & Interlocking – International Compendium / G. Theeg, S. Vlasenko. – Eurailpress, 2009. – 448 p.
6. Кокурин И. М. Автоматизация информационной поддержки принятия решений поездным диспетчером при организации движения поездов / И. М. Кокурин, А. Б. Васильев // Автоматика на транспорте. – 2015. – Т. 1. – № 2. – С. 156–167.
7. Dima M. Communications in railway centralized traffic control systems : Communications / M. Dima, I. A. Chihaiia, M. C. Surugiu // 2016 8th International Conference on Electronics, Computers and Artificial Intelligence (ECAI), Ploiesti, Romania, 30 June – 2 July 2016.
8. Кокурин И. М. Инновационные решения в управлении эксплуатационной работой железнодорожного транспорта с использованием имитационного моделирования : монография / И. М. Кокурин, Ф. С. Пехтерев, А. С. Нестеров, Г. В. Верховых, А. А. Краснощек, В. А. Персианов. – СПб. : Внешвузцентр, 2009. – 88 с.
9. ГИД «Урал-ВНИИЖТ»: аналитические функции и автоматизация труда диспетчеров / Г. А. Кузнецов, С. В. Крашенинников, В. П. Крайсвитный, С. А. Свинин, Д. А. Матвеев, И. К. Вагизов // Железнодорожный транспорт. – 2012. – № 3. – С. 21–25.
10. Усков А. В. Движение по расписанию / А. В. Усков // Железнодорожный транспорт. – 2016. – № 6. – С. 52–55.
11. Шаманов В. И. Защищенность локомотивных приемников АЛС от помех / В. И. Шаманов // Автоматика, связь, информатика. – 2013. – № 4. – С. 14–19.
12. Шаманов В. И. Магнитное поле рельсов и устойчивость работы АЛСН / В. И. Шаманов, И. И. Регер // Железнодорожный транспорт. – 2010. – № 2. – С. 19–23.
13. Телемеханическая система контроля бодрствования машиниста. – URL : neurocom.ru.

Joseph M. Kokurin
Solomenko Institute for transport problems
Russian academy of sciences (ITP RAS)

Intellectual trains traffic control system design based on automatized dispatcher's regulation and centralized auto driving

The paper proposes technical decisions and perspectives are discussed concerning the complex systems implementation for trains' dispatching and auto driving within the limits of dispatcher's control zone. A special attention is paid to problems concerning the systems cooperation and the prognosis importance for train's time arriving to the stations on its route that system transmits on locomotives being adequate to the changing conditions for trains' movements. It's demonstrated that to create the satisfactory trains' arrival time prognosis is available provided the on time information is receiving concerning the every train's movement by means of calculations and real trains movements' simulation. It's determined the only complex of centralized traffic control and trains' auto driving within the limits of every dispatcher's control zone and on time processing of the information by the central device of the railway area is able to create the exact trains' arrival time prognosis to the area, regions and main stations boundaries.

centralized traffic control; trains auto driving; intellectual trains traffic control system

References

1. Kokurin I. M. (2017). Theoretical and technological foundation of constructing a self-organizing centralized traffic control system [Teoreticheskie i tekhnologicheskie osnovy postroeniya adaptivnoj sistemy dispetcherskoj tsentralizatsii]. Automation on Transport [Avtomatika na transporte], vol. 3, issue 3. – Pp. 345–354.
2. Gavzov D. V., Nikitin A. B. (1993). Dispatching control centers [Dispetcherskie centry upravleniya]. Transport: science, technology, management [Transport: nauka, tekhnika, upravlenie], vol. 2. – P. 2.
3. Saenko N. N., Gavzov D. V., Nikitin A. B. (1995). Automation of the dispatch control of the transportation process [Avtomatizaciya dispetcherskogo upravleniya perevozhnym processom]. Automation, telemechanics and communication on railways [Avtomatika, telemekhanika i svyaz' na zheleznih dorogah], issue 6. – P. 9.
4. Talalaev V. I., Gavzov D. V., Nikitin A. B. (1997). Concentration of dispatch control [Koncentraciya dispetcherskogo upravleniya]. Railway transport [Zheleznodorozhnyj transport], issue 9. – P. 30.
5. Theeg G., Vlasenko S. (2009). Railway Signalling & Interlocking – International Compendium. Eurailpress. – 448 p.
6. Kokurin I. M., Vasil'ev A. B. (2015). Automation of decision-making information support for train dispatcher for train traffic organization [Avtomatizaciya informacionnoj

- podderzhki prinyatiya reshenij poezdnyy dispetcherom pri organizacii dvizheniya poezdov]. Automation on transport [Avtomatika na transporte], vol. 1, issue 2. – Pp. 156–167.
7. Dima M., Chihaia I.A., Surugiu M. C. (2016). Communications in railway centralized traffic control systems: Communications. 2016 8th International Conference on Electronics, Computers and Artificial Intelligence (ECAI). Ploiesti, Romania, 30 June – 2 July 2016.
 8. Kokurin I. M., Pekhterev F. S., Nesterov A. S., Verhovyyh G. V., Krasnoshchek A. A., Persianov V.A. (2009). Innovative solutions in managing the operational work of the railway transport using simulation modeling [Innovacionnyye resheniya v upravlenii ehkspluatacionnoj rabotoj zheleznodorozhnogo transporta s ispol'zovaniem imitacionnogo modelirovaniya], monograph [monografiya]. Publishing center vneshvuztsentr [Izd-vo Vneshvuztsentr], St. Petersburg. – 88 p.
 9. Kuznetsov G.A., Krashennnikov S. V., Krajsvitnij V.P., Svinin S.A., Matveev D.A., Vagizov I.K. (2012). «Ural-VNIIZhT», Analytical functions and automation of labor of dispatchers [GID «Ural-VNIIZHT», analiticheskie funkicii i avtomatizaciya truda dispetcherov]. Railway transport [Zheleznodorozhnyj transport], issue 3. – Pp. 21–25.
 10. Uskov A. V. (2016). Movement on schedule [Dvizhenie po raspisaniyu]. Railway transport [Zheleznodorozhnyj transport], issue 6. – Pp. 52–55.
 11. Shamanov V.I. (2013). Security of locomotive receivers automatic locomotive signaling from interference [Zashchishchennost' lokomotivnyh priemnikov ALS ot pomekh]. Automation, communication, informatics [Avtomatika, svyaz', informatika], issue 4. – Pp. 14–19.
 12. Shamanov V.I., Reger I.I. (2010). The magnetic field of the rails and the stability of the automatic locomotive signaling continuous system [Magnitnoe pole rel'sov i ustojchivost' raboty ALSN]. Railway transport [Zheleznodorozhnyj transport], issue 2. – Pp. 19–23.
 13. Remote control system to check drivers vigilance [Telemechanicheskaya sistema kontroliya boдрstovvaniya mashinista]. URL: neurocom.ru.

*Статья представлена к публикации членом редколлегии Вал. В. Сапожниковым
Поступила в редакцию 08.02.2018, принята к публикации 09.03.2018*

КОКУРИН Иосиф Михайлович – доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории проблем организации транспортных систем Института проблем транспорта им. Н. С. Соломенко Российской академии наук (ИПТ РАН), Санкт-Петербург.
e-mail: kokyrinim@mail.ru

© Кокурин И. М., 2018