

УДК 625.2

**С. А. Никищенко, д-р техн. наук,
А. Б. Фокеев, канд. техн. наук**

Кафедра «Управление эксплуатационной работой, станции и узлы»,
Самарский государственный университет путей сообщения

ЭМУЛЯТОР ГРАФИКОВ ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ И РАБОТЫ СТАНЦИЙ

В статье рассматриваются вопросы построения эмуляторов графиков движения поездов и работы станций, предназначенных для диспетчерского персонала дирекций управления движением. Показаны принципы организации и базовая система правил построения эмуляторов. Рассмотрены данные для эмуляции, содержащие описание перегонов и станций. Представлены базовая блок-схема железнодорожного полигона и архитектура программно-аппаратного комплекса для его комплексной эмуляции. Показана взаимосвязанность моделей диспетчерских участков, примыкающих к сортировочной станции. Приводятся экранные формы автоматизированных рабочих мест при работе эмулятора движения. Продемонстрированы совмещенные исполненные и прогнозные графики как результат работы эмулятора. Рассмотрены организационно-технические мероприятия, необходимые для практического внедрения технологии эмуляции графиков.

графики движения поездов и работы станций; принципы и правила эмуляции; схема диспетчерского участка; архитектура эмулятора; совмещенные исполненные и прогнозные графики; рабочее место диспетчера

Введение

Внедрение программных комплексов прогнозирования работы полигона, включающего диспетчерские участки и сортировочные станции, остается в центре внимания дирекций по управлению движением и научно-исследовательских организаций [1–9].

В известных разработках процесс прогнозирования был автоматизирован на основе расчетных моделей отдельно для перегонов и станций. В Самарском государственном университете путей сообщения реализована технология комплексного взаимоувязанного прогнозирования и графического отображения поездной работы сортировочной и технических станций с примыкающими к ним перегонами на основе усовершенствованных методов имитационного моделирования и автоматизированной системы комплексной эмуляции [10–12].

Эмуляция (*emulation*) – воспроизведение (*эмулирование*) функций одной системы на другой, отличной от первой системы таким образом, чтобы эмулированное поведение соответствовало поведению оригинальной системы. Эмуляция

осуществляется путем использования комплекса соответствующих программных и аппаратных средств. Целью является максимально точное воспроизведение поведения системы в отличие от разных форм моделирования, с помощью которых имитируется поведение некоторой абстрактной модели. Эмуляция для операционных систем компьютеров и игровых устройств представляет собой способ преодоления проблем работы на устаревающих объектах и позволяет пользователю получить доступ к любому типу прикладного программного обеспечения на современной платформе. Это решение может применяться не только к устаревшим системам, но и к новым версиям. На практике, если выпускается новая версия приложения с целью обеспечения совместимости и миграции всех входящих в него компонентов, необходимо создать эмулятор для этого приложения, обеспечивающий доступ ко всем упомянутым компонентам. Эмуляция сохраняет вид, поведение и свойства оригинальных систем, что не менее важно, чем данные сами по себе. Несмотря на высокую изначальную стоимость создания эмулятора, со временем эмуляторы могут стать более выгодным финансовым решением. Внедрение эмуляторов сокращает трудозатраты, так как вместо долгой и постоянной работы по миграции данных в эмулятор для каждого прошлого и настоящего объекта можно использовать одинаковые технологии.

1 Принципы эмулирования графиков движения

Автоматизированный эмулятор графиков движения (ЭГД) предназначен для использования на всей вертикали управления движением, но, прежде всего, ориентирован на диспетчерский аппарат – поездного диспетчера, диспетчера сортировочной станции, маневрового диспетчера, дежурного по депо и т. д. При создании его использовались не только знания ученых, системный и онтологический подход к решению проблемы, но и опыт практиков – специалистов в области перевозок и автоматизированных систем управления (АСУ), а также достижения в области программирования и построения интеллектуальных систем на транспорте.

В рамках принятой концепции, в отличие от имитационного моделирования, создана и используется библиотека функционально-поведенческих программных моделей статических и динамических объектов полигона. Организация ЭГД позволяет в режиме реального времени с заданным упреждением (горизонтом) воспроизводить поездное положение. При этом используется нормативно-справочная информация по участку и типовым операциям, оперативно учитывается текущая информация, возможна настройка эмуляции по критериям управления.

В основу ЭГД диспетчерского участка положены следующие принципы:

1. Формирование и использование библиотеки программных моделей типовых статических и динамических объектов (перегонов, станций, путей, поез-

дов, вагонов, локомотивов, бригад), их категорий и характеристик, постоянных и временных ограничений скорости движения.

2. Концептуальное представление технологического процесса как трехуровневой иерархической композиции «этапы – сценарии – последовательности операций» с учетом категорий объектов.

3. Формирование и загрузка данных по поездам, локомотивам и вагонам в реальном времени. Ввод информации о событиях, влияющих на процесс, осуществляется как автоматически (выдача предупреждений, «бросание» поезда, поломка локомотива, опоздание пассажирского поезда и т. д.), так и диспетчером (закрытие для движения пути перегона, пути станции, стрелочного перевода; задание продолжительности времени операции, например, стоянки поезда и др.).

4. Эмуляция осуществляется постоянно в заданном регламенте от заданной точки текущего времени с горизонтом упреждающего просмотра 3–24 часа по поездам и вагонам на диспетчерском участке, при этом обеспечивается оперативность эмуляции (быстродействие ЭГД).

5. Взаимодействие с отраслевыми АСУ и информационными системами, использование нормативно-справочной информации АСУ сортировочных станций.

6. Совместное и одновременное формирование графиков исполненного движения (ГИД) и графиков исполненной работы (ГИР) станций и прогнозных графиков – графика прогнозного движения (ГПД) и графика прогнозной работы (ГПР).

К основным архитектурным и технологическим решениям ЭГД относятся следующие.

1. Данные для эмуляции содержат описание перегонов и станций:
 - перегоны описываются с точностью до путей и блок-участков;
 - для каждого пути перегона задаются профиль, участки ограничения скорости, направление действия автоблокировки, определяется наличие контактной сети и вида тока;
 - описание станции включает в себя описание сортировочной системы, парков и путей;
 - для парков и путей задается действующая специализация;
 - для участка дороги строится его топология;
 - станции связываются с перегонами, на станциях задаются направления.
2. На участке для поездов и групп вагонов определяются место и продолжительность стоянки.
3. Для парков станций производится эмуляция операций с поездами, локомотивами и вагонами.
4. Прогнозный процесс формируется из набора сценариев поведения объектов в зависимости от категории (поезд – грузовой, сборный, вывозной, хозяйственный, восстановительный, пассажирский, пригородный; путь – главный, приемоотправочный, сортировочный и т. д.).

5. Сценарий определяется как последовательность операций с нормативным временем.

6. Для компоновки сценариев используются базовая и максимально возможная цепочки операций.

7. Базовая система правил:

– поезд может приниматься только на специализированный путь в специализированный парк;

– отправление поезда с технической станции производится при технической готовности состава, готовности локомотива, наличии локомотивной бригады и свободной нитки в расписании;

– для расформирования направляется поезд, первым прибывший в парк;

– поезд формируется до достижения длины или веса, заданных в плане формирования, и т. д.

8. При возникновении ситуаций (событий), влияющих на процесс, изменяется последовательность сценариев и время выполнения операций.

9. Ведется постоянный мониторинг, выдаются сигнальные сообщения (прогнозные данные) о превышении времени рабочей смены локомотивной бригады.

На рис. 1 представлен используемый для целей эмуляции типовой диспетчерский участок, включающий сортировочную и примыкающие станции и перегоны.

2 Программно-аппаратный комплекс и работа эмулятора графиков движения

Архитектура ЭГД полигона включает один сервер территориального подразделения и более мощный сервер для централизованного представления поездной ситуации по объединенному полигону в целом (рис. 2).

Интерфейс ЭГД позволяет пользователю просматривать на одном экране ГИД и ГПР с прокруткой по всему полигону (рис. 3), аналогично – для ГИР и ГПР (рис. 4 и 5), при этом достаточно выбрать соответствующую закладку и нитку.

С помощью ЭГД на заданном горизонте управления – в интервале времени от 3 до 12 часов – можно видеть прогноз продвижения поездов, их сортировку, исполненную работу и принимать управленческие решения в критической ситуации либо для улучшения эксплуатационной работы.

В ходе опытного тестирования подтвердились широкие возможности системы эмулировать работу диспетчерских участков, станций и полигона в целом. Ее внедрение позволяет автоматизировать формирование плана работы участков и станций по пропуску поездопотоков на 12 и более часов.

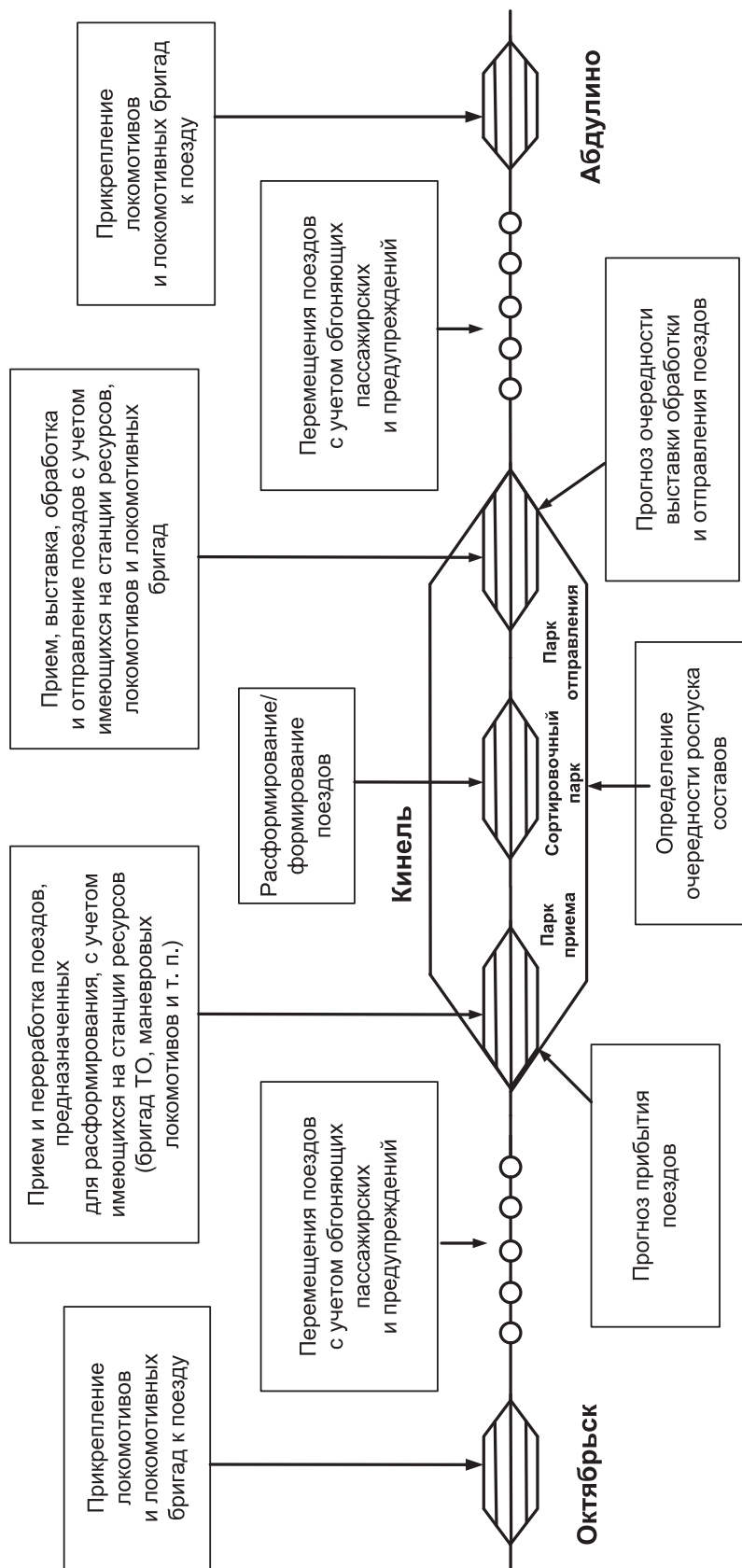


Рис. 1. Укрупненная структура диспетчерского участка

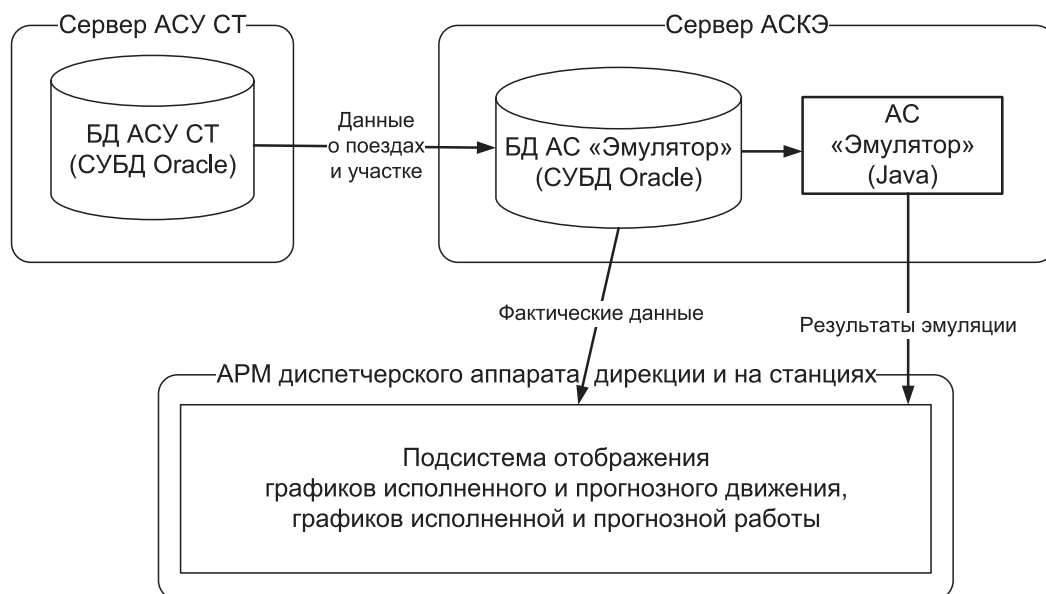


Рис. 2. Архитектура ЭГД

При внедрении и эксплуатации ЭГД решались организационные задачи:

- поскольку в АСУ сортировочных станций не представлен требуемый набор параметров путей и парков станций (например, в электронном варианте не отражены приоритеты по пропуску видов поездов по путям парков станций, наличие контактного провода и вида тока и т. п.), ввод данных производился работниками информационно-вычислительных центров и дирекций управления движением в имеющиеся в наличии формы;

- выполнена формализация и перевод в электронный вид данных, описывающих технологические ограничения (например, нормы времени на закрепление состава и др.);

- решена задача обеспечения требуемой производительности ЭГД.

Заключение

Преимущества ЭГД заключаются в детальном комплексном прогнозе работы диспетчерских участков и станций, в непрерывном режиме обработки текущей информации при взаимосвязи моделей диспетчерских участков, в целях достижения максимальной эффективности (минимизация простоев, пропуск большегрузных поездов, ускоренная доставка вагонов с просрочкой и т. д.). Любое событие на одном участке – выдача предупреждений, задержка приема или отправления поездов по станции – отражается в прогнозе работы следующего участка, куда направляются поезда. Благодаря эмуляции последствия этих событий можно спрогнозировать и заранее спланировать действия без ошибок в поездной работе.

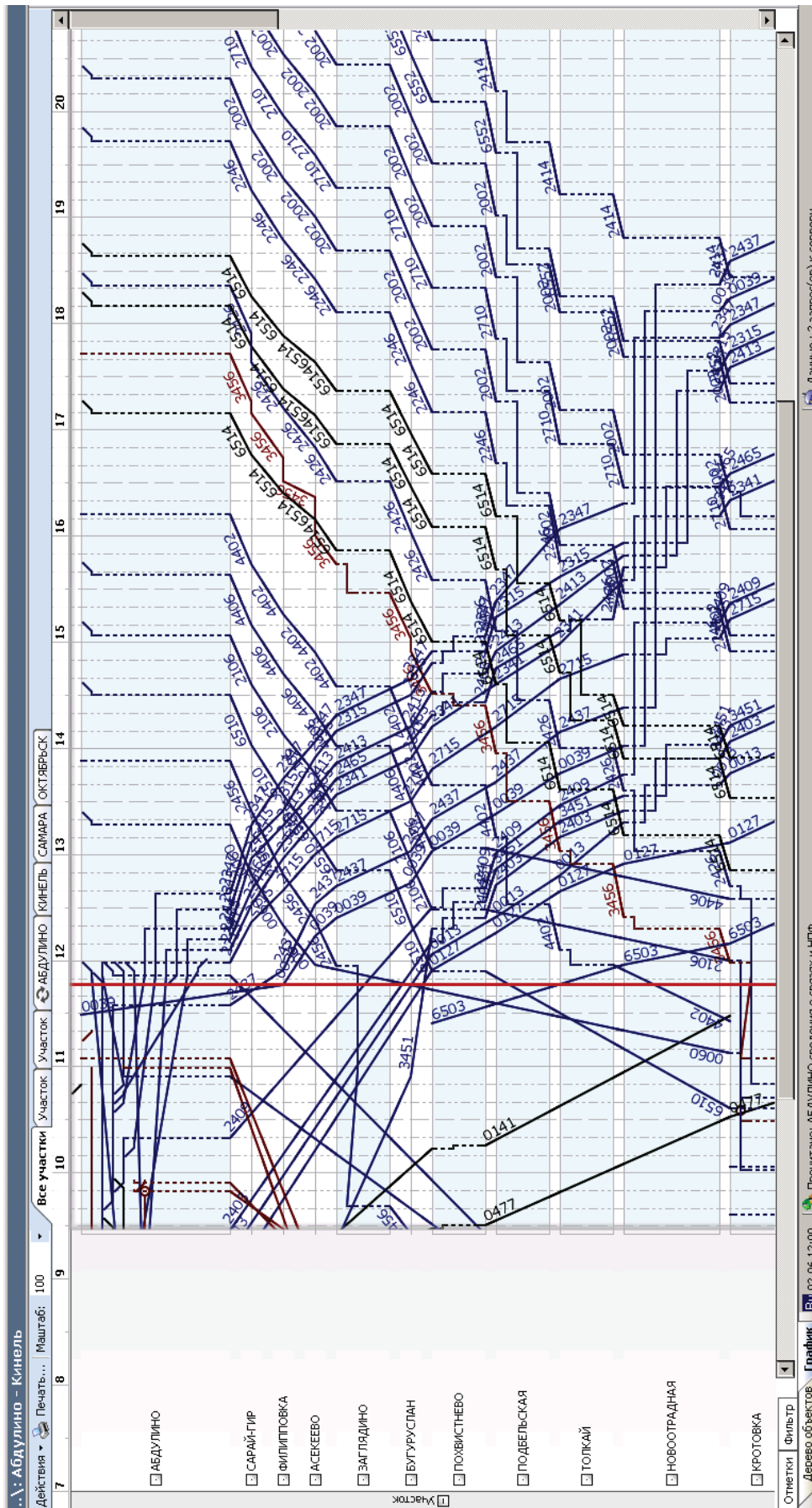


Рис. 3. Совмещенные исполненный и прогнозный графики движения

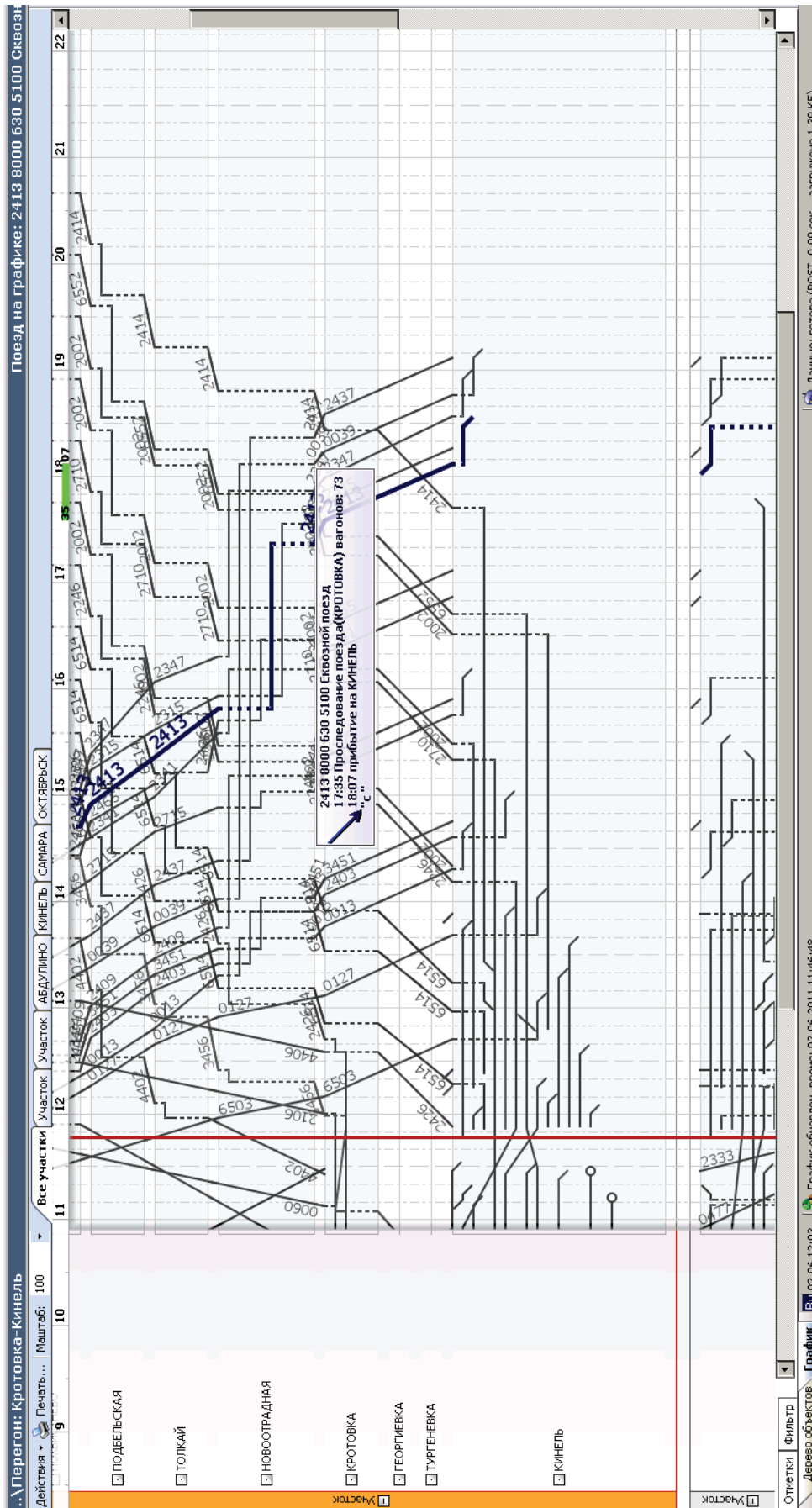


Рис. 4. Выборка поезда на графике прогнозного движения

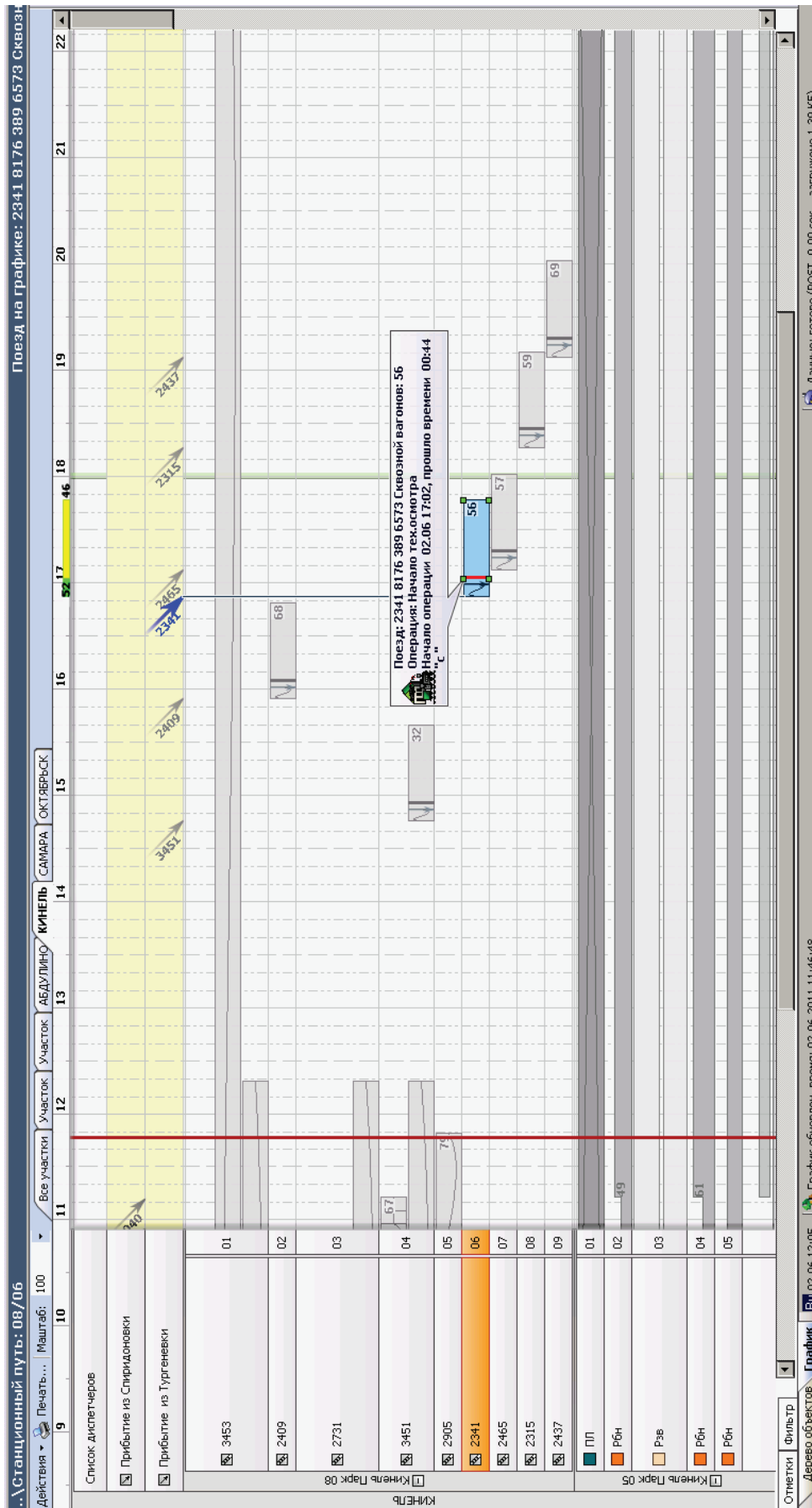


Рис. 5. Совмещенные исполненный и прогнозный графики работы

Система позволяет единообразно строить ГИД, ГПД, ГИР и ГПР, сопоставлять графики и контролировать работу полигона. Все прогнозы рассчитываются с учетом реально сложившегося поездопотока, выполнения графика следования пассажирских и пригородных поездов, действующего нормативного графика движения поездов. Наличие эффективного инструмента поддержки управленческих решений диспетчеров всех уровней сокращает потери в эксплуатационной работе.

Возможное применение ЭГД: как интеллектуальный компонент автоматизированной технологии управления оперативной работой полигона; подсистема поддержки принятия решений диспетчерским персоналом; вычислитель прогнозных вариантов «что, если...»; обучающая среда для работников дирекции управления движением.

Библиографический список

1. ГИД «Урал-ВНИИЖТ»: опыт внедрения и перспективы развития / Г. А. Кузнецов, В. П. Крайсвитный, С. В. Крашенинников, Н. Ф. Слободенюк // Железнодорожный транспорт. – 2006. – № 5. – С. 38–42.
2. Инструкция по разработке графика движения поездов в ОАО «РЖД» / ВНИИАС. – М.: Техинформ, 2006. – 183 с.
3. Система ГИД «Урал-ВНИИЖТ»: внедрение, модернизация, перспективы развития / Г. А. Кузнецов [и др.] // Железнодорожный транспорт. – 2008. – № 2. – С. 15–21.
4. Учет выполнения графика движения грузовых поездов / Г. А. Кузнецов [и др.] // Железнодорожный транспорт. – 2011. – № 3. – С. 20–25.
5. Шаров В. А. Интегрированная технология управления движением грузовых поездов по расписанию / В. А. Шаров, А. Ф. Бородин // Железнодорожный транспорт. – 2011. – № 8. – С. 11–22.
6. ГИД «Урал-ВНИИЖТ»: аналитические функции и автоматизация труда диспетчеров / Г. А. Кузнецов [и др.] // Железнодорожный транспорт. – 2012. – № 3. – С. 21–25.
7. Иванов П. А. График движения поездов как основа качества перевозочного процесса // Железнодорожный транспорт. – 2014. – № 2. – С. 21–23.
8. Кириякин В. Ю. Полигонная технология формирования прогнозных вариантных графиков с использованием АПК «ЭЛЬБРУС» / В. Ю. Кириякин, А. В. Новгородцева // Бюллетень объединенного ученого совета ОАО «РЖД». – 2014. – № 1. – С. 16–20.
9. Реализация полигонной технологии с использованием АПК «Эльбрус» / В. Ю. Кириякин [и др.] // Железнодорожный транспорт. – 2014. – № 6. – С. 18–24.
10. А. с. № 2008615232. Имитационная модель перемещения поезда по диспетчерскому участку с учетом предупреждений и обгонов / С. А. Никищенков, А. Н. Черемухин, А. Ю. Павлов, М. В. Додонов ; опублик. 31.10.2008.
11. А. с. № 2009610264. Имитационная модель обработки поездов в парке прибытия / С. А. Никищенков, А. Н. Черемухин, А. Ю. Павлов, М. В. Додонов ; опублик. 11.01.2009.

12. Никищенко С. А. Комплексная эмуляция работы железнодорожного полигона с совмещенными исполненными и прогнозными графиками движения поездов и работы станций / С. А. Никищенко, А. Н. Черемухин, А. Ю. Павлов // Информационные и математические технологии в науке и управлении : тр. Байкальской Всероссийской конференции. Ч. 1. – Иркутск : ИСЭМ СО РАН, 2015. – С. 79–85.

*Nikishchenkov Sergey A.,
Fokeev Anatoliy B.*

«Management of Operational Work, Stations and Units» department,
Samara State Transport University

Emulator of train schedule and work of stations

The article deals with the construction of emulators train schedules and work stations designed for dispatching personnel directorates traffic control. We present the basic principles and rules of the system emulators. We consider these to emulate, describing hauls and stations. It is a basic block diagram of the railway site and architecture of hardware and software for its comprehensive emulation. It is shown that interconnectedness models dispatching areas adjacent to the yard. Provides screen forms of workstations when using the emulator movement. Showing combinations of performance and forward-looking graphic as a result of the emulator. The organizational and technical measures in the practical implementation of technology emulation charts.

train schedule and work stations; principles and rules of emulation; supervisory circuit section; architecture emulator; combinations of performance and forward-looking graphic; workspace manager.

References

1. Kuznetsov G.A., Kraysvitny V.P., Krashenninnikov S.V., Slobodenyuk N.F. GID «Ural-VNIIZHT» : the experience of the implementation and development prospects. Railway Transport, 2006, issue 5, pp. 38–42.
2. Instructions on the development of the train schedule at JSC «Russian Railways». VNIAS, Moscow, Techinform, 2006, 183 p.
3. Kuznetsov G.A. et al. System GID «Ural-VNIIZHT» : implementation, modernization, development prospects. Railway Transport, 2008, № 2, pp.15–21.
4. Kuznetsov G.A. et al. Accounting for Performance schedule of freight trains. Railway Transport, 2011, issue 3, pp. 20–25.
5. Sharov V.A., Borodin A.F. Integrated control technology of freight trains on schedule. Railway Transport, 2011, issue 8, pp.11–22.
6. Kuznetsov G.A. et al. GID «Ural-VNIIZHT» : analytic functions and automation of work of dispatchers. Railway Transport, 2012, issue 3, pp. 21–25.

7. Ivanov P.A. Train schedule as a basis for the quality of the transportation process. Railway Transport, 2014, issue 2, pp. 21–23.
8. Kiryakin V.J., Novgorodtseva A. V. Polygon technology of forward-looking variant graphs using APC «Elbrus». Bulletin of the Joint Scientific Council of JSC «Russian Railways», 2014, issue 1, pp. 16–20.
9. Kiryakin V.Y. et al. Implementation of the polygon technology using APC ELBRUS. Railway Transport, 2014, issue 6, pp. 18–24.
10. Nikishchenkov S.A., Cheremuhin A. N., Pavlov A.Yu., Dodonov M. V. Simulation model of train travel on the dispatch area in view of warnings and overtaking. Certificate of official registration of the computer program № 2008615232 from 31.10.2008.
11. Nikishchenkov S.A., Cheremuhin A. N., Pavlov A.Yu., Dodonov M. V. The simulation model of the processing train in the park of arrival. Certificate of official registration of the computer program № 2009610264 from 11.01.2009.
12. Nikishchenkov S.A., Cheremuhin A. N., Pavlov A.Yu. Integrated emulation of rail polygon with the combined performance and the forecast timetable of trains and work stations. Information and mathematical technologies in science and management. Proceedings of the Russian Conference of the Baikal. Irkutsk, 2015, pp. 79–85.

*Статья представлена к публикации членом редколлегии Вал. В. Сапожниковым
Поступила в редакцию 13.11.2015, принята к публикации 18.12.2015*

НИКИЩЕНКОВ Сергей Алексеевич – профессор, доктор технических наук, проректор по науке и инновациям Самарского государственного университета путей сообщения.

e-mail: nikishchenkovs@mail.ru

ФОКЕЕВ Анатолий Борисович – доцент, кандидат технических наук, заведующий кафедрой «Управление эксплуатационной работой, станции и узлы» Самарского государственного университета путей сообщения.

e-mail: fokeevab@gmail.com

© Никищенко С. А., Фокеев А. Б., 2016