

## Электронное моделирование

УДК 625.42:004

**Сафронов А. И., канд. техн. наук**

Кафедра «Управление и защита информации»,  
Московский государственный университет путей сообщения  
Императора Николая II

### **ПОДХОДЫ К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧИ АВТОМАТИЗАЦИИ ДОКУМЕНТООБОРОТА ПЕРЕВОЗОЧНОГО ПРОЦЕССА В МОСКОВСКОМ МЕТРОПОЛИТЕНЕ**

В статье рассмотрен ряд актуальных вопросов, решаемых сотрудниками службы движения Московского метрополитена совместно с учеными МГУПС (МИИТ). Решение этих вопросов послужит основой для автоматизации довольно сложного технологического процесса, связанного с планированием движения пассажирских поездов в метрополитене. Приводится жесткая дефиниция планового графика движения пассажирских поездов метрополитена как документа, объединяющего работу всех служб метрополитена и регламентирующего безопасные пассажироперевозки. Для удобства восприятия материала читателей, впервые знакомящихся с рассматриваемой проблематикой, приведен список специфических для метрополитена терминов. Подробно рассмотрен автоматизированный обмен данными движения поездов между службами метрополитена и департаментом транспорта Москвы и его место в автоматизированной системе. Перечислены другие протоколы обмена и виды информации, которая передается с помощью каждого из них. Технология автоматизированного обмена данными между службами метрополитена и департаментом транспорта Москвы позволяет минимизировать участие и в ряде случаев полностью исключить составителя из процесса обмена данными. Показана хронология совершенствования аппарата автоматизированного обчета эксплуатационных показателей качества, необходимых для оценки составленного графика движения поездов метрополитена. Все известные в Московском метрополитене эксплуатационные показатели формализованы в статье на основе описательной модели. Существуют и другие виды формализации эксплуатационных показателей, но с целью снижения информационной нагрузки на читателя и в связи с частым употреблением их во многих, в том числе в приведенных в статье библиографических источниках, они не использованы. Представлены основные положения при решении задачи автоматизации печати таблиц для выписки поездных расписаний в условиях увеличенных технологических «окон».

электронный документооборот; плановый график движения; Московский метрополитен; технологическое «окно»; эксплуатационные показатели; автоматизированное построение

### **Введение**

Подходы к решению задачи автоматизации при составлении планового графика движения (ПГД) пассажирских поездов метрополитена начали раз-

рабатываться еще в 1980-х гг. [1], однако ощутимые результаты по итогам частных решений этой задачи стали появляться в начале 2000-х [2, 3].

В 2004 г. ученые кафедры «Управление и защита информации» МГУПС (МИИТ) внедрили автоматизированную систему построения плановых графиков движения пассажирских поездов метрополитена (АРМ графиста) в службе движения ГУП «Московский метрополитен» [4]. В тот же период по метрополитену прокатилась волна компьютеризации, заставившая перейти на сетевые технологии с целью организации надежного репозитория для хранения фото-, видео- и аудиоинформации в ситуационном центре метрополитена [5]. Помимо поддержки работы метрополитена, связанной с развитием ситуационного центра, специалисты кафедры «Управление и защита информации» МГУПС (МИИТ) проводили собственные работы по внедрению систем поддержки принятия решений для диспетчеров метрополитена [6].

Стоит отметить, что далеко не каждый человек, имеющий дело с плановым графиком движения поездов, отдает себе отчет в том, что работает не просто с графическим отображением перевозочного процесса, происходящего на линии, а держит в руках документ, регулирующий взаимодействие всех служб метрополитена и позволяющий обеспечить безопасность пассажиров за все время перевозочного процесса.

Начиная рассматривать ПГД как документ особой важности, задумываешься об ответственности, которая ложится на плечи составляющих его людей. Возникает естественное желание автоматизировать увязку данных между службами с целью исключения ошибок, на которые повлиял «человеческий фактор». На кафедре «Управление и защита информации» предложены и продолжают разрабатываться рациональные подходы к решению столь непростой задачи.

Важных вопросов в этой области много. Среди первостепенных:

1. Автоматизация обмена сведениями о пассажирских поездах, выделяемых для обеспечения слаженных и безопасных условий при организации перевозочного процесса на линиях метрополитена.

2. Автоматизация расчета эксплуатационных показателей, наиболее полно описывающих качество работы линий метрополитена.

3. Автоматизация составления таблиц для выписки поездных расписаний машинистам с целью реализации движения поездов согласно ПГД.

Дальнейшее ознакомление с текстом статьи потребует от читателей знания нижеследующих терминов [3].

*Нитка* – описание движения маршрута от момента выхода на главный путь до момента ухода с этого пути, при учете маневровых передвижений в начале и конце движения по главному пути. Нитка содержит информацию о переходах маршрута с одной нитки на другую, в порядке следования их по одному главному пути.

*Маршрут* – электроподвижной состав с присвоенным ему на сутки номером, который определяет его движение в соответствии с ПГД и графиком оборота (ГО) электроподвижного состава.

*Поезд* – номер нитки в последовательности ниток на ПГД. Поезда различаются в зависимости от направления движения. Как правило, для ниток, идущих сверху вниз на ПГД, поезда нечетные, а снизу вверх – четные.

*Парность* – количественный показатель движения поездов по линии метрополитена, равный половине суммарного количества поездов, начавших движение в рассматриваемом часе в каждом из направлений, и округленный до целого значения в большую сторону.

*Пассажирский поезд* – поезд в диапазоне от 1 до 2000, учитываемый в парности и физически участвующий в перевозке пассажиров. Поезд (не нитка!) маркируется на ПГД черным цветом. Не формализовано, но важно: в особых случаях короткая нитка с пассажирским поездом не учитывается в парности и именуется «баранкой» (нуль-поезд).

*Резервный поезд* – поезд в диапазоне от 2000 до 10 000, не учитываемый в парности и физически не перевозящий пассажиров. Поезд (не нитка!) маркируется на ПГД красным цветом.

## **1 Автоматизация обмена сведениями о пассажирских поездах метрополитена**

Задача автоматизации обмена сведениями о пассажирских поездах метрополитена является наиболее простой задачей из сформированного во введении перечня. Она решается в рамках АРМ графиста внутри отдельного модуля (рис. 1), графическая оболочка которого в заголовке содержит надпись «График принимается как действующий». Это означает, что, нажимая кнопку «Применить», оператор соглашается с утверждением: «Составленный ПГД завершен, вся информация на нем верна». Таким образом, график готов к отправке на линию, а значит, и к обмену данными с другими службами.

Модуль предполагает в перспективе расширение перечня служб, с которыми будет выполняться информационный обмен службой движения. В настоящее время система поддерживает только нижеследующие протоколы:

- депо линий метрополитена для передачи сведений о ГО [7];
- информационно-вычислительного центра метрополитена для передачи сведений о задействованных в перевозочном процессе перегонах линий метрополитена, нитках, которые отложены на ПГД, а также координатах основных и вспомогательных надписей;
- департамента транспорта города Москвы для передачи сведений только о пассажирских (не резервных!) поездах метрополитена.

График принимается как действующий

Графист

Фамилия  
Иванов

Имя  
Иван

Отчество  
Иванович

Телефон  
(495)123-45-67

ВНИМАНИЕ! Поля слева заполняются строго без пробелов.

Сохранить в список

В файл будет сохранен график для КАЛИНИНСКОЙ ЛИНИИ на Субб/Воскр дни. График вступает в действие с октября 2015 года. График на нечетные дни. График основной.

ИВЦ     Департамент     Депо

Настройки ...    Применить    Отмена

**Рис. 1.** Варианты протоколов передачи сведений о плановом графике движения пассажирских поездов метрополитена

В статье рассматривается последний из упомянутых протоколов. Достоверность переданного результата напрямую связана с соблюдением составителем предписаний и инструкций. В том случае, если инженер-графист не допустил ошибок при нумерации поездов, а также убедился в наличии соответствующих признаков на нитках с поездами, имеющими резервную нумерацию или нуль-поездами, искажений при передаче информации не возникнет. В иных случаях на принимающей стороне с большой вероятностью будет выявлено несоответствие работы линии метрополитена реальным условиям и составителя попросят повторить передачу данных.

С целью снижения нагрузки на инженеров-графистов процедура обмена сведениями о пассажирских поездах на линии метрополитена интегрирована в состав функции сохранения внесенных изменений на ПГД. Таким образом, сохранение ПГД на локальном диске инициирует обновление данных на сервере.

В этих условиях оператор полностью исключается из процесса обмена данными, поскольку косвенно реализует его при каждом сохранении ПГД. Оператор имеет возможность самостоятельно инициировать передачу

данных о пассажирских поездах метрополитена до нажатия кнопки «Сохранить» (или «Сохранить как...») посредством вызова модуля, представленного на рис. 1. Благодаря возникновению новых файлов или обновлению файлов на сервере можно отследить следующее:

- было ли начато составление планового графика согласно новому приказу;
- на каком этапе находится составление планового графика, если оно было начато.

Для случаев, когда связь с сервером отсутствует или произошел локальный сбой в файле конфигурации, предусмотрен показ побуждающего сообщения пользователю о том, что сохранить файлы, согласно протоколу обмена, на сервере не удалось, но их резервные копии сохранены по пути, заданному разработчиками системы по умолчанию. Такой путь должен существовать всегда и быть заведомо известен. Здесь практикуются два подхода:

- задавать по умолчанию путь «C:\» (корневой каталог локального системного диска), так как на компьютерах с заводскими настройками он существует всегда;
- предусмотреть программное формирование пути глубже корневого каталога на том же локальном системном диске «C:\».

Составленный алгоритм показал свою устойчивость для всех линий метрополитена кроме Таганско-Краснопресненской, где действуют особые правила перевозки пассажиров, в соответствии с которыми поезда могут являться гибридными – резервно-пассажирскими. Например, от «Котельников» до «Выхино» поезд следует без пассажиров и имеет резервную нумерацию, а начиная с «Выхино» и заканчивая «Планерной» – следует с пассажирами и имеет пассажирскую нумерацию.

Такая ситуация не была учтена при составлении технического задания на разработку соответствующего протокола обмена и в настоящее время все возникающие по этой причине ошибки устраняются в рамках сопровождения АРМ графиста.

## 2 Автоматизация расчета эксплуатационных показателей

Перейдем к рассмотрению вопроса автоматизации расчета эксплуатационных показателей, необходимых для оценки качества перевозочного процесса на линиях метрополитена. Это времяемкая задача. Исходной информацией является ПГД пассажирских поездов метрополитена, составленный на одни сутки (или на двое суток с учетом смены четных календарных дней нечетными и нечетных – четными).

При построении ПГД учитываются все действующие ограничения, накладываемые существующими техническими средствами обеспечения безо-



пасности движения поездов, а также другие факторы, обуславливающие рациональное использование человеческих и иных видов ресурсов.

Грубая интерпретация ПГД определяет его как «картинку», позволяющую диспетчеру ориентироваться в происходящей на линии ситуации: соответствует или не соответствует плану. Эта «картинка» может быть изображена произвольно, исходя из личного опыта и видения составителя, инженера-графиста. При этом действующие ограничения должны безоговорочно соблюдаться. В этих отчасти противоречивых и неформализованных условиях важно иметь вычислительный аппарат, позволяющий инженерам-графистам объективно оценивать результаты собственного труда и различать эффективные и неэффективные ПГД.

Для анализа качества составления ПГД были введены эксплуатационные показатели перевозочного процесса. Они позволяют оценить распределение ресурсов на линии метрополитена еще до начала фактического движения поездов [4].

При расчете парности присутствует неформализованная особенность: нитку, начавшую движение с промежуточной станции в рассматриваемом часе, можно приписать к тому же часу или продлить ее визуально до конечной станции и определить час в зависимости от полученного момента времени. При решении задачи программным способом сотрудники службы движения и МГУПС (МИИТ) достигли договоренности, согласно которой нитки не подлежат фиктивному продлению. С инженерами-графистами данное допущение согласовано.

Перечислим и определим эксплуатационные показатели [8, 9]:

- общее количество поездов – изображенные на ПГД нитки, которые учитываются в парности;
- количество составов – маршруты, участвующие в движении согласно ПГД и ГО;
- поездо-километры – интегральный показатель физической протяженности изображенных на ПГД ниток (иначе – суммарный пробег каждого поезда);
- вагоно-километры – суммарный пробег каждого вагона в каждом поезде;
- нулевой пробег – суммарный пробег каждого поезда по оборотным тупикам и соединительным веткам с депо (сюда же относятся и резервные поезда);
- вагоно-километры нулевого пробега – суммарный пробег каждого вагона в каждом поезде по оборотным тупикам и соединительным веткам депо (сюда же относится пробег каждого вагона в каждом резервном поезде);
- пробег с нулевым – интегральный показатель, объединяющий вагоно-километры и вагоно-километры нулевого пробега;

- поездо-часы в движении – интегральный показатель, объединяющий время хода всех поездов по перегонам, а также по тупикам и соединительным веткам депо;
- простой – суммарное время всех стоянок поездов на всех станциях;
- поездо-часы общие – интегральный показатель, объединяющий простой и поездо-часы в движении;
- эксплуатационная скорость – отношение пройденных поездо-километров к общему времени хода всех поездов с учетом всех стоянок;
- техническая скорость – отношение пройденных поездо-километров ко времени хода всех поездов без учета стоянок.

Перечисленные эксплуатационные показатели формализованы и входят в состав автоматизированной системы построения плановых графиков движения пассажирских поездов метрополитена, внедренной на ГУП «Московский метрополитен».

Исходный способ обсчета эксплуатационных показателей перевозочного процесса изначально сводился к перебору всех ниток, отложенных на ПГД в каждом из направлений. Промежуточные программные вычисления пользователям не демонстрировались, им был важен только конечный результат.

Подход устраивал инженеров-графистов вплоть до 2011 г. В 2011 г. от сотрудников службы движения поступило конструктивное предложение об изменении функционирования программного модуля, необходимого для обсчета эксплуатационных показателей перевозочного процесса. Инженерам-графистам потребовалось проводить сверку («один к одному») промежуточных результатов обсчета эксплуатационных показателей, выполненных автоматически в АРМ графиста, с результатами, полученными ими вручную.

При обсчете эксплуатационных показателей вручную в службе движения принят обязательный учет участкового времени хода. По этой причине потребовалась иная схема вывода результатов по всем существующим на линии метрополитена участкам, на которых происходит движение поездов по ниткам, в соответствии с ПГД. Это же обстоятельство заставило пересмотреть механизмы построения ПГД для Кольцевой линии и отказаться от комбинированных переходных времени хода в количестве 68 и перейти к 6 базовым переходным времени хода для каждого направления.

Попытка решения задачи обсчета эксплуатационных показателей по участкам в первом приближении была реализована в том же диалоговом окне, где отображались результаты полного обсчета с самого начала. Такая форма представления результатов не нашла поддержки в группе графистов службы движения. Общее количество поездов корректно распределилось по участкам, но не было ясно, к каким временным интервалам эти поезда относятся. Полученный запрос от сотрудников службы движения потребовал создания

дополнительного диалогового окна, функциональное наполнение которого в настоящее время представляет собой отдельный модуль, не обращающийся к процедурам использовавшегося ранее подхода [10].

Как только удалось реализовать размещение результатов обсчета в таблице вида «Участок/Размер движения», появилась возможность контроля суммы общего количества поездов на ПГД: сумма поездов по участкам должна совпадать с суммой поездов по всем размерам движения (рис. 2).

Использование таблицы при учете дополнительных параметров линии метрополитена позволяет легко и наглядно производить обсчет эксплуатационных показателей. Трудности при таком подходе возникли лишь на следующих этапах:

1. Объединения общего количества поездов по участкам вне зависимости от направления движения по ниткам.

2. Распределения количества поездов по всем известным режимам вождения на линии метрополитена: часам «пик», «непиковому» времени, переходному времени хода.

Обе трудности успешно преодолены. Без учета режимов вождения невозможно точно определить поездо-часы общие и поездо-часы в движении, а без них, в свою очередь, скорости – эксплуатационную и техническую.

Со временем пользовательский интерфейс АРМ графиста претерпел существенные изменения. К ранее созданному в 2009 г. модулю обсчета эксплуатационных показателей можно было обратиться через пункт «Обсчет графика» главного меню. Алгоритм работы модуля сводился к следующим трем этапам:

1. Запрос на загрузку данных с парного графика (в случае работы с нечетным – четного, в случае работы с четным – нечетного).

2. Обсчет основных эксплуатационных показателей с «разбивкой по депо».

3. Полный обсчет планового графика по всем известным эксплуатационным показателям.

В 2011 г. в рамках диалогового окна, содержащего информацию о полном обсчете ПГД, добавлен блок с таблицей, содержащей обсчет ПГД по участкам. Годом позже для исключения визуальных конфликтов блок с таблицей был перенесен в нижнюю область, добавлена возможность экспорта данных в электронную таблицу Microsoft Excel с целью оперативного вывода на печать данных, полученных в ходе расчета.

К 2013 г. удалось разработать принципиально новое диалоговое окно, которое позволило удовлетворить запросам инженеров-графистов. Оперативной информацией для обсчета ПГД стало количество вагонов в составе. Ранее созданный механизм обсчета получал эту информацию от пользователя после подтверждения перехода к диалоговому окну полного обсчета. Новый механизм запрашивает эти данные напрямую.



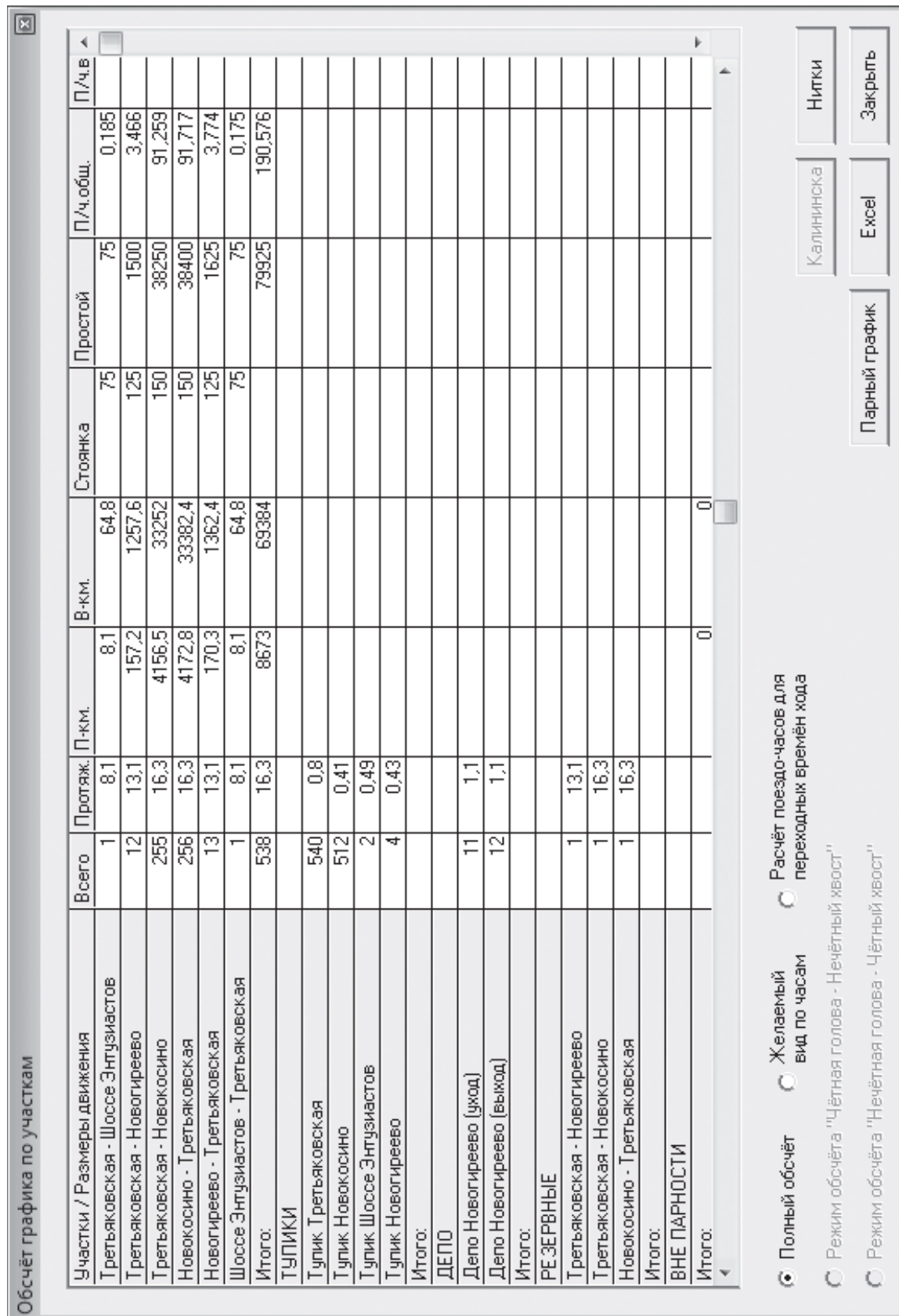


Рис. 2. Работа модуля для расчёта эксплуатационных показателей на Калининской линии

В 2014 г. добавлена опция обсчета общего количества поездов вне зависимости от направления движения по ниткам. В том же году добавлена опция обсчета поездо-часов в зависимости от режимов вождения.

В первой половине 2015 г. в АРМ графиста интегрирована возможность загрузки отдельно утреннего (до 7:00) и отдельно вечернего (после 22:00) фрагментов графика, если в том имеется необходимость. Последняя особенность позволяет выполнять комбинированный обсчет отдельно для «четно-нечетной» расстановки и для «нечетно-четной» расстановки опционально, по выбору пользователя.

Во второй половине 2015 г. для ПГД, содержащих сведения либо о двух линиях (Замоскворецкая и Каховская) либо о нескольких участках («Александровский Сад» – «Кунцевская» и «Александровский Сад» – «Международная»), добавлена функция раздельного обсчета каждого участка. Для ПГД однозначных линий эта функция заблокирована. Пример актуального состояния графической оболочки рассматриваемого модуля представлен на рис. 2.

В настоящее время модуль обсчета эксплуатационных показателей проходит тестирование на всех линиях метрополитена при условии оперативного исправления замечаний для всех выявленных несоответствий обслуживающей АРМ графиста стороной. Алгоритм, заложенный в модуль, обладает ресурсом для распараллеливания вычислительного процесса [11], что, без сомнений, повысит эффективность функционирования АРМ графиста 2, инициативные работы по созданию которой ведутся в настоящее время на кафедре.

### **3 Автоматизация составления таблиц для выписки поездных расписаний машинистам**

Перед рассмотрением последней из перечисленных задач следует отметить, что за последний год в Московском метрополитене участились плановые закрытия центральных участков его линий с целью проведения длительных (в объеме 26 часов) ремонтных работ. Во время плановых закрытий участков, получивших название увеличенных технологических «окон» по аналогии с утвержденной терминологией, действующей на магистральных железных дорогах, проводятся:

- косметический ремонт станций;
- замена осветительных приборов;
- диагностика и ремонт главных путей;
- диагностика программно-аппаратных фрагментов станций;
- другие работы.

Организация увеличенных технологических «окон» на метрополитене связана с необходимостью поддержания должного уровня безопасности при перевозках пассажиров. Действующее руководство Московского метропо-

литена в лице Д. В. Пегова приняло решение об увеличенных технологических «окнах» в выходные дни во избежание повторения трагедий, подобных произошедшей 15 июля 2014 г. на Арбатско-Покровской линии на перегоне «Парк Победы» – «Славянский бульвар». Технологические «окна» оказывают значительное влияние на планирование перевозочного процесса.

Одной из задач, возникающих при этом в службе движения, является составление таблиц для выписки поездных расписаний («раскладок»). Этот документ позволяет значительно ускорить процесс формирования карточек для машинистов, продельываемый в большинстве случаев вручную. Оператору не требуется постоянно иметь перед глазами график движения поездов, ему достаточно знать только время отправления поездов с конечных станций. Раскладка составляется с дискретизацией в пять секунд, по ней оператор может быстро определить время отправления поезда с любой из станций линии.

Долгое время раскладки не требовалось печатать столь интенсивно, сколь того потребовали условия проведения технологических «окон». Формирование раскладок в нужном виде автоматизировано не было.

Разработанный автором алгоритм различает Кольцевую, радиальные и линии с «вилочным» движением, он позволяет учитывать в расчете время хода только по указанному фрагменту одной линии или по фрагменту комбинации линий (Замоскворецкая и Каховская).

Для Кольцевой линии введена возможность «замыкания кольца» при расчете времени хода по последовательности станций, отличающейся от заложенной в базу данных ПГД. Исходно расчет времени хода ведется от «Киевской» до «Киевской», однако инженерам-графистам удобнее считать от «Белорусской» до «Белорусской» по первому главному пути и от «Краснопресненской» до «Краснопресненской» по второму главному пути. Именно на эти станции подаются пассажирские поезда из депо в зависимости от направления движения.

Алгоритм чувствителен и к работе на линиях с «вилочным» движением, предоставляя возможность формирования раскладок к наиболее интересным участкам, среди которых:

- «Киевская» – «Международная»;
- «Международная» – «Александровский сад»;
- «Варшавская» – «Речной вокзал» (и обратно).

Программный модуль содержит как интерфейсную (интерактивно отображающую все выполненные изменения) часть, в которой оператор просматривает сведения о суммарном времени хода по участку и распределении его по перегонам, так и формальную (на бумажном носителе в утвержденном формате) часть.

Органами управления являются списки, позволяющие выбирать станции начала и окончания отсчета (участка), а также указывать на необходимость сочетания линий для случаев, когда две линии объединяются на одном блан-

ке. Комбинированные списки размещены в диалогах для редактирования времени хода и настройки параметров печати (рис. 3).

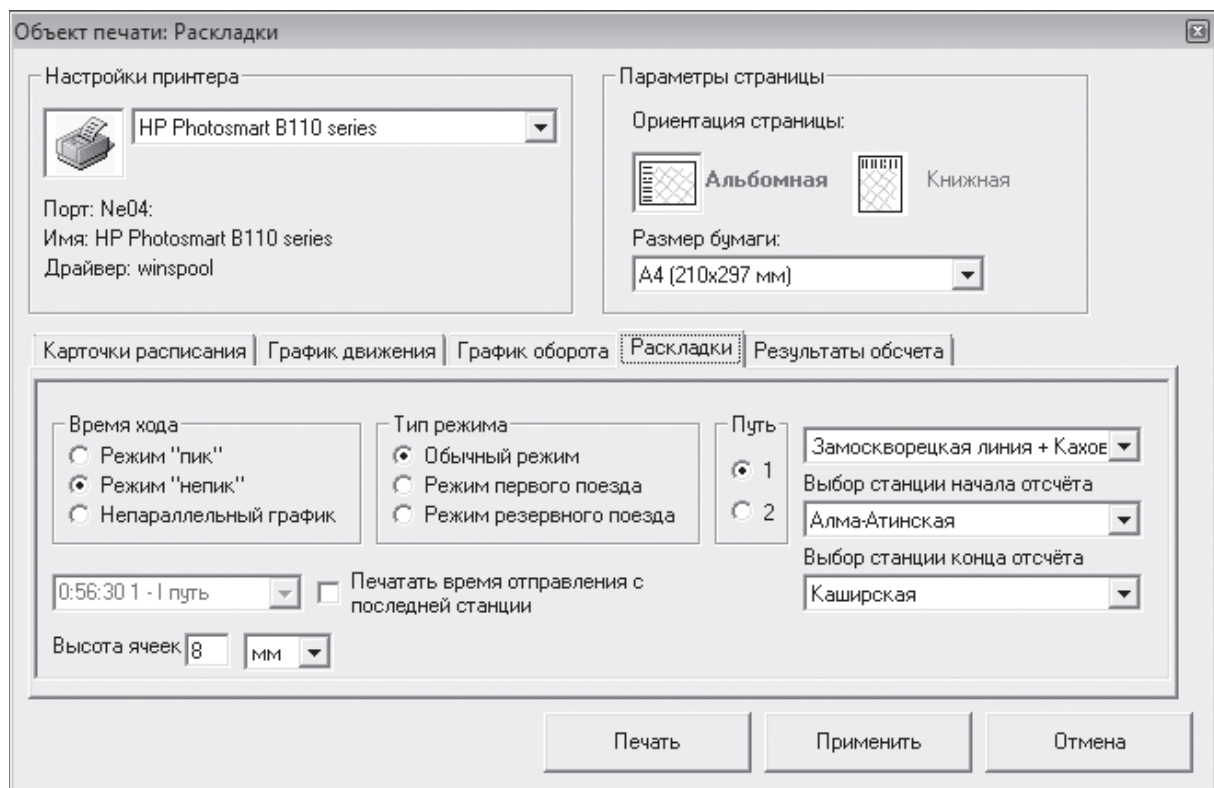


Рис. 3. Комбинированные списки как орган управления

Особая задача – получение увеличенных технологических «окон», устраиваемых на окраинах Москвы, где для движения поездов используется только один из главных путей и применяется технология «челночного» движения.

Автоматизация построения ПГД с «челночным» движением по участкам линий является одним из перспективных направлений развития АРМ графиста. Отметим, что в АРМ графиста уже заложены алгоритмы для автоматизации выравнивания интервалов движения между поездами [12], построения «зонного» движения на радиальных линиях и линиях с «вилочным» движением [13], а также построения ПГД для линий с кольцевой топологией [14]. Все они позволяют рассматривать АРМ графиста как комплексную и интеллектуальную транспортную систему [15].

Пример «челночного» движения схематично представлен на рис. 4. Здесь движение между станциями 4 и 5 происходит в режиме радиальной линии: первый и второй главный путь чередуются через оборот. Между станциями 1 и 4 происходит «челночное» движение – поезд не покидает первый главный путь, при этом в неправильном направлении (в направлении, соответствующем второму главному пути) движется с ограниченной скоростью, намеренно игнорируя правила, установленные системой безопасности. Такой подход

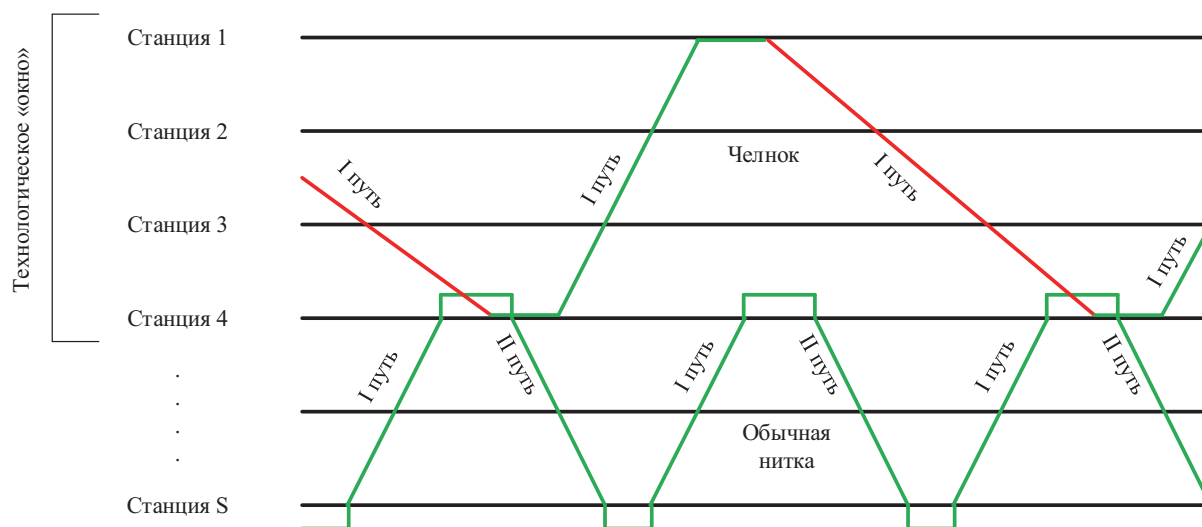


Рис. 4. Схематичное изображение «челночного» движения

позволяет проводить ремонтные работы и не прерывать полностью пассажирское сообщение на окраинах города.

## Заключение

Проделанная автором работа отчетливо демонстрирует всю сложность и многогранность решаемой задачи организации электронного документооборота перевозочного процесса на Московском метрополитене на примерах первостепенных вопросов, поставленных только службой движения. Акцент именно на службе движения сделан из тех соображений, что только в ней электронный документооборот перевозочного процесса частично, но вполне успешно налажен.

Может сложиться ошибочное мнение, что достигнутый службой движения уровень информатизации связан исключительно с тесной работой этой службы с кафедрой «Управление и защита информации» МГУПС (МИИТ). Ошибочно оно потому, что кафедра также тесно взаимодействует и со службой энергоснабжения, но качественных подвижек в части, связанной с организацией электронного документооборота, в этой службе, к несчастью, не отмечается.

Стоит принять во внимание, что на сегодняшний день существуют службы метрополитена, которые даже не приступали к решению задачи автоматизации документооборота перевозочного процесса и затормаживают тем самым автоматизацию технологического процесса функционирования во всем метрополитене.

С одной стороны, наличие таких служб – непаханое поле, прекрасно подходящее для разработки и продвижения новых информационных технологий,



с другой – отсутствие желания сотрудников этих служб содействовать рассматриваемым разработкам, а также отсутствие финансирования начинаний ученых и разработчиков самим ГУП «Московский метрополитен» не способствует эффективности внедрения и развития конкретных инновационных решений в рассматриваемом направлении.

В этих условиях наиболее эффективным и перспективным средством снятия барьеров общения с руководством является удовлетворение частых и повседневных запросов пользователей. Насколько быстро удастся обеспечить слаженную работу системы при непрерывно усложняющейся и растущей структуре линий метрополитена, настолько же быстро удастся сделать первые значимые шаги на пути к тотальной информатизации Московского метрополитена.

### Библиографический список

1. Баранов Л. А. Построение на ЭВМ графиков движения поездов метрополитена / Л. А. Баранов, А. И. Жербина // Вестник ВНИИЖТа. – 1981. – № 2. – С. 17–20.
2. Василенко М. Н. Проблемы визуального анализа графика движения поездов на метрополитене и методы их решения / М. Н. Василенко, Д. П. Дегтярев, О. А. Максименко // Неделя науки – 2002 : тр. науч.-практ. конференции. – СПб. : Петербургский гос. ун-т путей сообщения, 2002. – С. 12–13.
3. Сидоренко В. Г. Автоматизация построения планового графика движения поездов метрополитена / В. Г. Сидоренко // Автоматизация и современные технологии. – 2003. – № 2. – С. 6–10.
4. Сидоренко В. Г. Методика оперативной оценки показателей работы метрополитена / В. Г. Сидоренко, А. В. Ершов, Е. П. Балакина // Вестник МИИТа. – 2006. – Вып. 14. – С. 3–9.
5. Ning B. Computers in Railways XII: Computer System Design and Operation in Railways and Other Transit Systems / B. Ning, C. A. Brebbia, Co-Editor: N. Tomii. – Beijing: Beijing Jiaotong University, 2010. – 1024 p.
6. Балакина Е. П. Автоматика выполняет функции диспетчера / Е. П. Балакина // Мир транспорта. – 2008. – № 2. – С. 104–109.
7. Филипченко К. М. Автоматизация планирования работы ЭПС метрополитена / К. М. Филипченко, В. Г. Сидоренко, А. И. Сафронов // Мир транспорта. – 2015. – Т. 13. – № 4. – С. 3–9.
8. Сафронов А. И. Анализ планового графика движения пассажирских поездов московского метрополитена / А. И. Сафронов, Пью Хтет Вин // Неделя науки – 2011 : тр. науч.-практ. конференции. – М. : МИИТ, 2011. – С. III–157.
9. Сафронов А. И. Расчет эксплуатационных показателей и критериев качества планового графика движения пассажирских поездов линии метрополитена / А. И. Сафронов, Пью Ту Со // Неделя науки – 2011 : тр. науч.-практ. конференции. – М. : МИИТ, 2011. – С. III–156.

10. Mubarak S. Construction Project Scheduling and Control / S. Mubarak. – N. Y.: John Wiley & Sons Inc., 2010. – 456 p.
11. Petersen W. P. Introduction to Parallel Computing / W. P. Petersen, P. Arbenz. – Oxford : Oxford University Press, 2004. – 259 p.
12. Сидоренко В. Г. Процедура построения переходных процессов в плановом графике движения пассажирских поездов по линии метрополитена / В. Г. Сидоренко, Е. Ю. Рындина // Проблемы регионального и муниципального управления : сб. докладов Международной науч. конференции. – М. : РГГУ, 2008. – С. 201–204.
13. Новикова М. В. Синтез планового графика движения зонного типа / М. В. Новикова, В. Г. Сидоренко // Мир транспорта. – 2010. – № 4. – С. 128–134.
14. Сафронов А. И. Сценарное пространство построения планового графика движения поездов метрополитена / А. И. Сафронов, В. Г. Сидоренко // Наука и техника транспорта. – 2012. – № 1. – С. 51–56.
15. Филипченко К. М. Интеллектуальная автоматизированная система планирования перевозочного процесса на метрополитене / К. М. Филипченко, В. Г. Сидоренко, А. И. Сафронов // Интеллектуальные системы управления на железнодорожном транспорте ИСУЖТ-2012 : тр. I Научно-техн. конференции. – М. : ОАО «НИИАС», 2012. – С. 92–96.

*Anton I. Safronov,*  
«Controls and information security» department,  
Moscow state university of railway engineering

### **Approaches for solving the problem of document flow management automation for transportation process at Moscow subway**

The article provides the review of a number of cutting-edge issues, that are being solved by the employees of the Moscow subway Traffic Service in cooperation with the scientists of MGUPS (MIIT) at that moment. Solutions of these problems provide the basis for automation of quite a complex technological process, connected with planning of passenger trains traffic of subway. The article provides an exact definition of the planned schedule of subway passenger trains traffic in the form of a document, that combines the operation of all subway Services and regulates the safe passenger transportation. For perception convenience of the readers, who are familiarize with these issues under consideration for the first time, the article provide a list of terms specific to the subway. The paper also reviews in detail the automated data exchange between the subway Services and the Transport Department of Moscow about train traffic. It marks the spot of information exchange of interest within the developed, implemented and supported automated system. The article provides the list of other exchange protocols and information, that is transmitted to receiving sides, according to each of them. The developed technology of automated data exchange between the Subway Services and the Transport Department of

Moscow allows to minimize participation and, in few cases, completely eliminate the originator from the data exchange process. The article presents a chronology of the development of automated calculation apparatus for performance indicators of quality, required for the assessment of formed timetable for subway train traffic. All known Moscow subway performance indicators formalized in the article on the basis of the descriptive model. There are other types of formalization of performance indicators, but in order to reduce the information load on the reader and due to its frequent use in many sources, including those indicated in the references for this article, they are not used. The article provides main provisions for solving the problems of automation of table printing for train timetable extracts under increased «track possessions».

electronic document management; projected train timetable; Moscow subway; track possession; performance criteria; automated production

### References

1. Baranov L.A., Zherbina A.I. (1981). Computer-aided production of subway train timetables [Postroyeniye na EVM grafikov dvizheniya poyezdov metropolitena], Bulletin of VNIIZhT (Vestnik VNIIZhTa), issue 2, pp. 17–20.
2. Vasilenko M.N., Degtyarev D.P., Maksimenko O.A. (2002). Problems of visual analysis of subway train timetables and methods to solve them [Problemy vizual'nogo analiza grafika dvizheniya poyezdov na metropolitene i metody ikh resheniya]. Science week-2002, proceedings of scientific and practical conference (Nedelya nauki-2002, trudy nauchno-prakticheskoy konferentsii), St. Petersburg, PSTU (PGUPS), pp. 12–13.
3. Sidorenko V.G. (2003). Automation of producing the projected subway train timetable [Avtomatizatsiya postroyeniya planovogo grafika dvizheniya poyezdov metropolitena], Automation and modern technologies (Avtomatizatsiya i sovremennyye tekhnologii), issue 2, pp. 6–10.
4. Sidorenko V.G., Ershov A.V., Balakina E.P. (2006). Technique for operational assessment of subway performances [Metodika operativnoy otsenki pokazateley raboty metropolitena], Bulletin of MIIT (Vestnik MIITa), issue 14, pp. 3–9.
5. Ning B., Brebbia C.A. (2010). Computers in Railways XII, Computer System Design and Operation in Railways and Other Transit Systems, Beijing, Beijing Jiaotong University, 1024 p.
6. Balakina E.P. (2008). Automatics instead of dispatching operator [Avtomatika vpolnyayet funktsii dispetchera], Transport world (Mir transporta), issue 2, pp. 104–109.
7. Filipchenko K.M., Sidorenko V.G., Safronov A.I. (2015). Automation of subway EPS operation planning [Avtomatizatsiya planirovaniya raboty EPS metropolitena], Transport world (Mir transporta), vol. 13, issue 4, pp. 3–9.
8. Safronov A.I., Htet Vin Pyo (2011). Analysis of projected Moscow subway train timetable [Analiz planovogo grafika dvizheniya passazhirsikh poyezdov moskovskogo metropolitena], Science week-2011, proceedings of scientific and practical conference (Nedelya nauki-2011, trudy nauchno-prakticheskoy konferentsii), Moscow, MIIT, pp. III–157.

9. Safronov A. I., Pyo Tu So (2011). Performance factors and quality criteria calculation for projected passenger trains timetables for a subway line [Raschet ekspluatatsionnykh pokazateley i kriteriyev kachestva planovogo grafika dvizheniya passazhirskikh poyezdov linii metropolitena], Science week-2011, proceedings of scientific and practical conference (Nedelya nauki-2011, trudy nauchno-prakticheskoy konferentsii), Moscow, MIIT, pp. III–156.
10. Mubarak S. (2010). Construction Project Scheduling and Control, N. Y., John Wiley & Sons Inc., 456 p.
11. Petersen W. P., Arbenz P. (2004). Introduction to Parallel Computing, Oxford, Oxford University Press, 259 p.
12. Sidorenko V. G., Ryndina E. Yu. (2008). Procedure of transient processes planning within projected passenger train timetables at subway line [Protsedura postroyeniya perekhodnykh protsessov v planovom grafike dvizheniya passazhirskikh poyezdov po linii metropolitena], Local and municipal management problems, collection of paper of International scientific conference (Problemy regional'nogo i munitsipal'nogo upravleniya, sbornik dokladov Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii), Moscow, RGGU, pp. 201–204.
13. Novikova M. V., Sidorenko V. G. (2010). Synthesis of zone-based projected train timetable [Sintez planovogo grafika dvizheniya zonnogo tipa], Transport world (Mir transporta), issue 4, pp. 128–134.
14. Safronov A. I., Sidorenko V. G. (2012). Scenary framework for producing the projected subway train timetable [Stsenarnoye prostranstvo postroyeniya planovogo grafika dvizheniya poyezdov metropolitena], Transport science and technology (Nauka i tekhnika transporta), issue 1, pp. 51–56.
15. Filipchenko K. M., Sidorenko V. G., Safronov A. I. (2012). Intelligent automated system of subway transportation process [Intellektual'naya avtomatizirovannaya sistema planirovaniya perevozochnogo protsessa na metropolitene], Smart management systems for railway transport ISUZhT-2012 (Intellektual'nyye sistemy upravleniya na zheleznodorozhnom transporte ISUZHT-2012), Proceedings of the 1st scientific and technical conference, Moscow, NIIAS, pp. 92–96.

*Статья представлена к публикации членом редколлегии Л. А. Барановым  
Поступила в редакцию 01.12.2015, принята к публикации 03.02.2016*

*САФРОНОВ Антон Игоревич* – кандидат технических наук, доцент кафедры «Управление и защита информации» Московского государственного университета путей сообщения императора Николая II.  
e-mail: safronov-ai@mail.ru

© Сафронов А. И., 2016