

**Д. А. Чуви́ков¹, Е. В. Теплов¹, Д. В. Сараев², О. О. Варламов²,
Джха Пунам¹**

¹ Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет, Москва, Россия

² Научно-исследовательский институт «МИВАР», Москва, Россия

МЕТОДИКА АВТОМАТИЗАЦИИ СИСТЕМЫ ДИСПЕТЧЕРСКОГО КОНТРОЛЯ НА ОСНОВЕ ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ ГОРОДСКОГО ПАССАЖИРСКОГО ТРАНСПОРТА

В статье описана общая структура городского пассажирского транспорта. В статье приведены актуальные статистические данные, подготовленные Министерством транспорта Российской Федерации для информационно-статистического бюллетеня «Транспорт России» за январь–март 2016 года по перевозке пассажиров транспортом общего пользования, а также представлена динамика пассажирооборота транспорта общего пользования за 2014–2016 годы в форме графика. Проведен анализ автоматизированных инструментальных средств составления и контроля расписания движения общественного городского транспорта. Рассмотрены системы «Фара-0080», PIKAS, «PMT», «СКАТ» и «АПАС». Предложена методика автоматизации системы диспетчерского контроля на основе экспертной системы городского пассажирского транспорта с применением алгоритмов теории расписаний. В работе также представлена инфологическая схема базы данных автоматизированного диспетчера, выполненная с помощью CASE-средства автоматизированного построения и проектирования баз данных ERwin. В качестве эксперимента продемонстрирована имитационная модель автоматизированной системы диспетчерского контроля движения городского пассажирского транспорта в программной среде AnyLogic.

Ключевые слова: городской пассажирский транспорт, диспетчер, автоматизация, транспорт, экспертная система, теория расписаний, имитационное моделирование, ERwin, AnyLogic, КЭСМИ (Wi! Mi).

Для цитирования: Методика автоматизации системы диспетчерского контроля на основе экспертной системы городского пассажирского транспорта / Чуви́ков Д. А., Теплов Е. В., Сараев Д. В., Варламов О. О., Джха Пунам // Радиопромышленность. – 2016. – № 4. – С. 85–95.

D. A. Chuvikov¹, E. V. Teplov¹, D. V. Saraev², O. O. Varlamov², Jha Punam¹

¹ Moscow automobile and road construction state technical university (MADI), Russia

² Scientific-Research Institute «MIVAR», Moscow, Russia

METHODS OF AUTOMATION OF SUPERVISORY CONTROL SYSTEM BASED ON THE URBAN PASSENGER TRAFFIC SOFTWARE EXPERTISE SYSTEM

This article describes the overall structure of the urban passenger transport. The article presents the relevant statistical data prepared by the Ministry of Transport of the Russian Federation for «Transport of Russia» Information and Statistics bulletin for January–March, 2016 on transportation of passengers by public transport, and presents the dynamics of passenger traffic for common use public transport for 2014–2016 period in the form of the chart. The automated tools for preparation and monitoring of traffic schedules for public urban transport have been analyzed. Such systems as Fara-0080, PIKAS, PMT, SKAT and APAS have been reviewed. Techniques of supervisory control automation have been proposed on the basis of urban passenger transport expertise system with the use of scheduling theory algorithms. This work also presents the infological scheme for database data of automated manager, which was prepared with the use of CASE – the

tool for automated building and design of ERwin databases. And also by way of experiment a simulation model of automated supervisory control of urban passenger traffic has been demonstrated in AnyLogic software environment.

Keywords: urban passenger transport (UPT), traffic operator, automation, transportation, expertise system, scheduling theory, simulation, ERwin, AnyLogic, MEC (Wi Mi).

For citation: Chuvikov D. A., Teplov E. V., Saraev D. V., Varlamov O. O., Punam Jha. Methods of automation of supervisory control system based on the urban passenger traffic software expertise system. Radiopromyshlennost, 2016, no. 4, pp. 85–95. (In Russian).

DOI 10.21778/2413-9599-2016-4-85-95

Введение

Статистические данные показывают, что в среднем каждый шестой житель нашей планеты проживает в городах с населением более 1 млн человек, каждый третий – в городе средних размеров и каждый четвертый – в небольшом городе. Вследствие чего в городах наблюдается резкая концентрация населения. Поэтому автоматизация диспетчерского управления городским пассажирским транспортом является весьма актуальной задачей.

Структура городского пассажирского транспорта (ГПТ)

Городской транспорт разделяют на пассажирский, грузовой и специальный. По количеству мест транспортные средства делят на два типа:

1. Индивидуальный пассажирский транспорт – это легковые автомобили, мотоциклы, велосипеды.
2. Общественный городской транспорт – это автобусы, троллейбусы, трамваи, метрополитен, городские железные дороги, речные суда, монорельсовые дороги и т.д.

Для организации движения городской пассажирский транспорт был разделен на два вида: маршрутный и немаршрутный. Движение маршрутных транспортных средств происходит по запланированным направлениям – маршрутам, которые на своем протяжении оборудованы пунктами для посадки пассажиров. Движение немаршрутных транспортных средств организуется на проезжей части улиц в пределах ограничений, устанавливаемых правилами дорожного движения (ПДД), разметкой проезжей части и светофорной сигнализацией.

Для статистического анализа ниже представлены таблицы и диаграммы, подготовленные Министерством транспорта Российской Федерации для информационно-статистического бюллетеня «Транспорт России» за январь–март 2016 года. В табл. 1 представлены данные по перевозкам пассажиров транспортом общего назначения по России [1]. Также на рис. 1 представлена динамика пассажирооборота транспорта общего пользования за 2014–2016 годы по России [1].

Таким образом, из полученных данных можно сделать следующий вывод: городская система транспорта занимает одну из ведущих ролей в общей системе жизнеобеспечения города и имеет градоформирующее значение [2].

Существующие проблемы управления городским пассажирским транспортом (ГПТ) в России

В России система городского пассажирского транспорта играет важную роль в повышении уровня жизни крупных городов Российской Федерации (РФ) [3]. Каждый день услугами ГПТ пользуются миллионы людей по всей России. Такой важный элемент транспортной инфраструктуры нуждается в круглосуточном строгом автоматизированном контроле в режиме реального времени, так как любое его отклонение от нормы сильно отразится на слаженном механизме жизни любого крупного города и может привести к непредвиденным последствиям.

Основными проблемами управления городским пассажирским транспортом современных российских городов являются:

- недостаточный уровень развития системы контроля и управления общественным транспортом;
- отсутствие контроля за передвижениями всех единиц городского пассажирского транспорта;

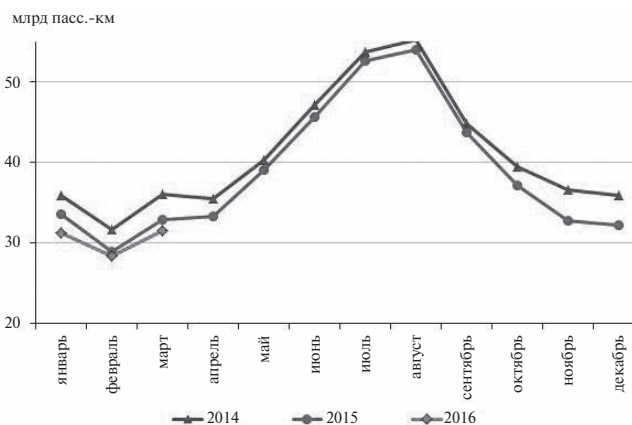


Рисунок 1. Динамика пассажирооборота транспорта общего пользования за 2014–2016 годы

Таблица 1. Перевозки пассажиров транспортом общего пользования, млн человек

	Январь–март 2015 г.	Январь–март 2016 г.	Январь–март 2016 г. в % к январю-марту 2015 г.
Транспорт отраслей Минтранса России:	4502,7	4529,6	100,6
трамвайный	362,5	348,7	96,2
троллейбусный	401,5	425,9	106,1
метрополитенный	806,3	843,8	104,7
автомобильный (автобусный)	2689,3	2672,9	99,4
внутренний водный	0,32	0,36	113,0
воздушный, из них:	16,997	16,482	97,0
внутренние перевозки	9,6	10,8	112,5
железнодорожный, из них:	225,8	221,5	98,1
пригородные (включая внутригородские) перевозки	205,2	200,5	97,7

- отсутствие оптимальной единой маршрутной сети с актуальным расписанием;
- неудовлетворительное транспортное обслуживание маломобильных групп населения;
- недостаточное обеспечение пассажиров актуальной информацией.

Перечислим основные критерии эффективности управления городским пассажирским транспортом:

- безопасность пассажиров;
- точность расписаний;
- высокая скорость передвижения в час пик;
- надежность перевозок;
- комфортность перемещения;
- критерий информационной обеспеченности.

Из вышесказанного можно сделать следующий вывод: чтобы жители чаще отдавали свое предпочтение общественному транспорту, необходимо обеспечить достаточно комфортное, надежное, безопасное и удобное его использование [4].

К примеру, по данным государственного унитарного предприятия (ГУП), «Мосгортранс» имеет в эксплуатации 800 маршрутов наземного городского пассажирского транспорта, в том числе 670 маршрутов автобуса, 84 – троллейбуса, 46 – трамвая [5]. Это огромная сеть ГПТ, которая должна управляться 24 часа в сутки 7 дней в неделю без перерыва. Для этого требуется полная автоматизация работы диспетчерской службы.

Анализ АСОИ для составления и контроля расписания движения общественного городского транспорта

Авторами статьи был проведен анализ автоматизированных инструментальных средств составле-

ния и контроля расписания движения общественного городского транспорта и изучены системы «Фара-0080», PIKAS, «PMT», «СКАТ» и «АПАС».

«Фара-0080» – автоматизированная система диспетчерского управления движением городского пассажирского транспорта (АСДУ ГПТ), разработанная «НПП КБ РЭТ», предназначена для осуществления автоматического контроля за движением транспортных средств города путем фиксации времени отметки по трем или более контрольным точкам на маршруте. Связь устройства подвижной единицы (УПЕ) с контрольным пунктом (КП) осуществляется по инфракрасному каналу (ИК), а связь КП с центральной диспетчерской службой (ЦДС) – по сотовому GSM.

Принцип действия модернизированной системы основан на автоматической передаче инфракрасного кодового сигнала (номера) от УПЕ, на антенну КП, установленную на столбе, стоящем около дороги, и последующей передачи его по каналу сотовой связи стандарта GSM/GPRS на выделенный IP-адрес сервера ЦДС и далее на компьютеры ЦДС и автопарков с целью доведения до их руководящего персонала сведений о выполнении графиков маршрутов в реальном масштабе времени [6].

Рассмотрим основные преимущества системы «Фара-0080»:

- дешевизна и надежность оборудования;
- отсутствие прямых пар проводов для связи;
- скорость и удобство связи;
- упрощенный ремонт периферийного оборудования;
- контроль движения в реальном времени по фиксированным точкам;
- возможность отслеживания текущих показаний спидометра;

- возможность бесконтактного программирования и контроля номера УПЕ малогабаритным пультом;
- встроенная автоматическая электронная защита УПЕ от перенапряжений.

PIKAS – система для автоматизированного составления оптимального расписания ГПТ, разработанная в 2012 году компанией ЗАО «МЕРАКАС». Система PIKAS предназначена для планирования работы городского пассажирского транспорта, оптимизации расписания движения различных видов наземного общественного транспорта и получения необходимой отчетности [7–8].

Рассмотрим основные преимущества системы PIKAS:

- автоматическое генерирование оптимального расписания по заданным пассажиропотокам;
- координация движения маршрутов всех видов транспорта;
- оптимизация потребности в количестве машин по заданному пассажиропотоку;
- контроль и учет движения по данным, полученным с GPS и ГЛОНАСС;
- автоматическое составление расписаний методом моделирования движения;
- снижение трудоемкости расчета расписаний;
- представление информации пассажирам о расписаниях в сети Интернет;
- экономия денежных средств перевозчиков за счет контроля движения транспортных средств (ТС);
- повышение качества сервиса обслуживания пассажиров за счет увеличения ритмичности движения транспорта, точного соблюдения расписания, а также оптимизации загрузки общественного транспорта.

Одной из особенностей этой системы является то, что для нее был разработан специальный редактор для моделирования движения, который может составлять маршруты для всех видов транспорта, а также координировать движение в любой точке страны [8–9].

«РМТ» – это программно-технологический комплекс «Автоматизированная система формирования и ведения расписаний движения маршрутизированного транспорта», разработанный в 2008 году предприятием НПП «Транснавигация». Система «РМТ» предназначена для разработки расписаний движения наземного маршрутизированного транспорта. Рассмотрим основные преимущества системы «РМТ»:

- подготовка информации для составления расписаний;

- разработка расписания в ручном и автоматическом режимах;
- управление транспортным потоком и контроль маршрута;
- составление расписаний;
- создание маршрутов по координатам;
- диспетчерский контроль;
- автоматическая синхронизация всех расписаний, благодаря интеллектуальным алгоритмам;
- повышение эффективности расчета расписаний;
- поддержка формирования и единой базы данных для расписаний и диспетчерского контроля;
- обеспечение пассажиров актуальной информацией по расписанию и движению транспорта с помощью систем оповещения через Интернет и sms-сообщений.

«СКАТ» – это программно-аппаратное решение «Система комплексной автоматизации транспорта». Данная система разработана в 2011 году компанией CSBI-Group и компанией «Бюджетные и финансовые технологии» (БФТ). Система «СКАТ» обеспечивает автоматизацию полного цикла процессов по управлению инфраструктурой общественного транспорта: планирование маршрутов, мониторинг транспортных средств, оперативное управление, анализ результатов, бюджетирование и отчетность.

Рассмотрим основные преимущества системы «СКАТ»:

- контроль и оперативное управление транспортными потоками;
- формирование маршрутной сети;
- формирование расписаний движения;
- формирование отчетности;
- расчет субсидий;
- диспетчерское регулирование;
- сбор и анализ диагностической информации о работоспособности бортового оборудования, установленного на транспортных средствах;
- предоставление населению актуальной информации о движении транспорта в виде ряда социальных сервисов (мобильные приложения, табло остановочных павильонов, интернет-портал общественного транспорта, sms-информирование и т.п.);
- повышение качества сервиса обслуживания пассажиров за счет увеличения ритмичности движения транспорта, точного соблюдения расписания, оптимизации загрузки общественного транспорта;
- возможность интеграции с системой оплаты проезда, что позволяет обрабатывать платежные транспортные транзакции в режиме реального времени, организовать зональную оплату,

принимать к оплате пластиковые карты, в том числе международные банковские.

Система «СКАТ» базируется на современных навигационно-коммуникационных технологиях и использует данные глобальной навигационной спутниковой системы «ГЛОНАСС/GPS» [9].

«АПАС» – это автоматизированная пассажирская автотранспортная система, разработанная в 2005 году при сотрудничестве НПЦ «ЭЛВИС» и ГУП «ВЕРТИКАЛЬ». Аппаратную основу АПАС (разработка НПЦ «ЭЛВИС») составляют стационарные считывающие терминалы Senesys RFID, устанавливаемые в контрольных точках маршрута, и RFID-транспондеры, которыми оснащаются транспортные средства. При прохождении контрольной точки осуществляется регистрация автобусов (дальность до 80 метров, одновременно до 10 подвижных единиц) и передача информации на диспетчерский пункт для обработки событий в базе данных. Система позволяет решить следующие задачи в работе предприятия:

- Создание интерактивного представления расписания движения транспорта для пассажиров. Вывод информации об изменениях и сдвигах в движении на специальный ресурс в сети Интернет.
- Учет кадровых изменений в составе работников.
- Создание графиков работы для водителей (кондукторов) на месяц вперед.
- Контроль выполнения расписания движения (подсистема RFID-контроля расписания движения автотранспорта).
- Считывание и внесение в БД путевых листов с использованием штрихкодирования.
- Расчет и выплата заработной платы работникам подвижного состава за любой период времени, на основе данных RFID-анализа.
- Учет подвижного парка, запчастей, агрегатов, горюче-смазочных материалов.
- Синхронизация данных с бухгалтерскими и административными пакетами программ для предприятия.

Проанализировав вышесказанное, можно сделать следующие выводы: современные программные обеспечения (ПО), предназначенные для контроля движения и моделирования расписаний городского общественного транспорта, должны отвечать таким требованиям, как:

- совместимость с последними версиями операционных систем (ОС) и драйверов;
- наличие удобного, интуитивно понятного и продуманного пользовательского интерфейса;

- наличие функции создания отчетности;
- возможность модифицирования ПО по требованию заказчика;
- безотказность при работе приложения;
- кроссплатформенность;
- защищенность кода;
- стрессоустойчивость при больших нагрузках.

Стоит отметить, что допуск ошибки при составлении расписания общественного транспорта в расчетах недопустим, так как это повлечет за собой полный перерасчет расписания. Диспетчер обязан внимательно производить расчеты, однако может сказаться человеческий фактор, вследствие чего будет допущена ошибка. Также стоит учесть, что при составлении расписания вручную диспетчер находится в постоянном напряжении, стараясь не сбиться и не допустить ошибки. Тогда как правильно настроенная система с верно указанными параметрами ошибок не допускает. Такой системный подход гарантирует правильность расчетов, но не может гарантировать того, что занесенные входные параметры были безошибочны. В данном случае ошибка происходит на этапе занесения входных параметров человеком. Однако стоит отметить, что при данном системном подходе психологическая нагрузка, которую испытывает работник-диспетчер, снимается [9].

Отметим, какие преимущества дает автоматизация диспетчерского управления городским пассажирским транспортом:

- Постоянный контроль работы транспортных средств (ТС) на линии и прозрачность работы перевозчика, выполняющего городской заказ на перевозки пассажиров.
- Повышение эффективности и оперативности работы диспетчерских служб (ДС) за счет автоматизации ручных процедур и использования современных телекоммуникационных технологий.
- Повышение точности и регулярности движения наземного пассажирского транспорта.
- Значительное расширение возможности информирования населения о фактическом прибытии транспорта с помощью информационных табло на остановках, мобильных сотовых телефонов, уличных информационных киосков, в сети Интернет.
- Повышение безопасности пассажиров и водителей ТС во время поездки.

Методика автоматизации системы диспетчерского контроля на основе экспертной системы ГПТ

Из проведенного анализа автоматизированной системы обработки информации (АСОИ) для

составления и контроля расписания движения общественного городского транспорта можно сделать вывод, что у каждого из рассмотренных ПО есть свои преимущества, но также есть и недостатки. Одним из недостатков является то, что большинство систем автоматизированы частично, то есть задача моделирования маршрутного расписания выполняется человеком. Таким образом, оптимальным решением данной проблемы является внедрение в сферу ГПТ автоматизированной системы диспетчерского контроля (АСДК) на базе экспертных систем (ЭС).

Подобная система должна состоять из двух модулей:

1. Автоматизированный диспетчер.
2. Экспертная система.

АД необходим для обработки и передачи запросов в ЭС, полученных координат по средствам GPS/ГЛОНАСС от подвижного состава.

В экспертной системе должны использоваться правила первого и второго уровней, такие как:

- день недели;
- время суток (учет наивысшей концентрации пассажиров);
- учет пробок на дорогах;
- статистика маршрута;
- вид транспорта;
- тип подвижного состава;
- количество мест;
- дальнейшие пересадки.

Стоит отметить, что для разработки подобной экспертной системы рекомендуется использовать специальный инструмент для создания моделей знаний с неограниченным количеством связей, параметров и отношений, обладающий логическим выводом, – КЭСМИ (Wi! Mi 2.1). КЭСМИ – это конструктор экспертных систем миварный [10–12]. Этот инструмент позволяет обрабатывать более 5000000 правил в секунду с минимальными аппаратными требованиями [11–14], что является важным критерием для создания АСДК на базе экспертной системы. Так как экспертной системе АСДК необходимо обрабатывать огромное количество правил в реальном времени.

Правила первого уровня после предварительных рекомендаций формируют правила второго уровня, на основе которых применяется решение, поступающее в автоматический диспетчер, который обрабатывает поступившее решение, и если требуется, то перестраивает путь и перепланирует расписание, применяя алгоритмы теории расписаний, конкретного маршрута в реальном времени

(расписание выводится на табло в пункте высадки и посадки пассажиров). После обработки данные отправляются обратно на подвижной состав, где водитель должен следовать указаниям, которые поступают на экран навигационной системы, установленной в кабине.

На рис. 2 представлена схема базы данных (БД) автоматического диспетчера. Эта инфологическая схема БД выполнена с помощью CASE-средства автоматизированного построения и проектирования баз данных ERwin. Данная схема была нормализована по алгоритму построения «хорошей» [15] схемы БД, следовательно, все запросы будут выполняться корректно.

Следующие таблицы являются базовыми:

1. «Тип транспорта» содержит типы ГПТ (автобус, троллейбус, трамвай).
2. «Депо» содержит все депо ГПТ, их адреса и основную информацию.
3. «Водители (машинисты)» содержит данные всех водителей и машинистов.
4. «Маршруты» содержит все номера маршрутов.
5. «Остановки» содержит все возможные остановки ГПТ.

Таблица «Парк ГПТ» содержит все марки и модели имеющихся транспортных средств (ТС) ГПТ и их описание, таблица «Выход на маршрут» содержит информацию, по какому маршруту водитель (машинист) выходил в определенный день, а также время выезда из депо и возвращение в депо. Таблица «Следование по маршруту» содержит в себе данные по прибытию на остановку и отправлению с остановки ТС ГПТ. Таблица «График следования маршрута» содержит расчетное время прибытия и убытия маршрута на остановке, а также допустимую задержку.

Статистику маршрута можно собирать автоматически, выполняя запросы к таблицам «Выход на маршрут» и «Фактический график следования по маршруту». Основная статистика, которая будет интересна для оптимизации маршрутов, – это статистика по времени на остановках. В таблице «Фактический график следования по маршруту» будет содержаться фактическое время для каждого маршрута (фактическое время прибытия и убытия с остановки для каждого номера маршрута).

Совершая запрос к таблице «Фактический график следования по маршруту», получим время прибытия транспорта на остановку и убытия с нее. Если время прибытия и убытия сильно отличается от времени в определенный день недели для соответствующего маршрута и не попадает в пределы допустимой задержки из таблицы «График следования по маршруту», то следует проводить анализ

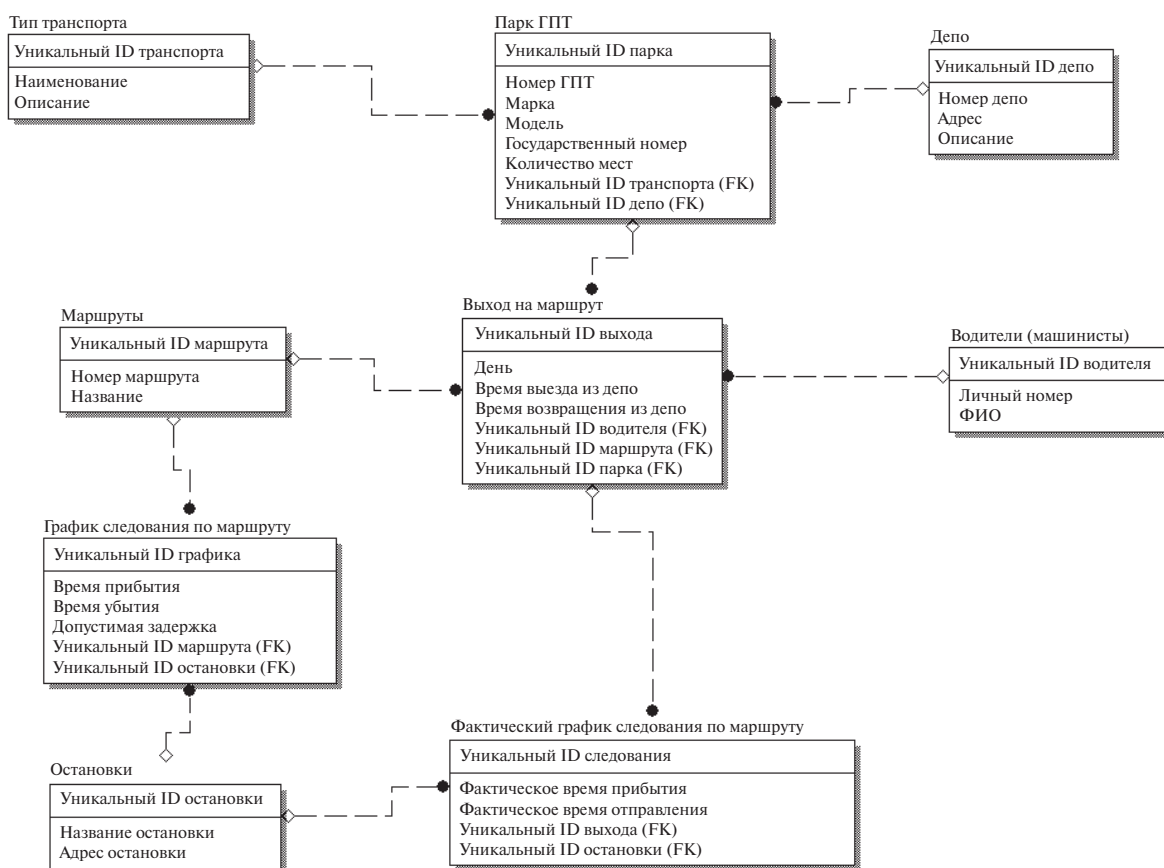


Рисунок 2. Инфологическая схема автоматизированного диспетчера

дорожной обстановки в эти дни и, возможно, менять данные времени в этой таблице.

Также можно осуществлять запросы по задержкам для каждого водителя (машиниста). Так как ГПТ управляется людьми, то человеческий фактор является очень существенным, в связи с чем при анализе статистических данных этот фактор должен быть в приоритете. Полученные данные помогут выявлять водителей (машинистов), которых следует поощрять за качественно выполненную работу, и водителей (машинистов), которым следует делать выговор.

Также стоит учесть, что при внедрении подобной системы в реальную среду необходимо провести ее имитационное моделирование [16–20]. Одно из преимуществ имитационного моделирования – это «наглядность». При помощи инструментов имитационного моделирования можно визуализировать процессы работы системы, а также схематично изобразить ее структуру и преподнести в графическом виде результаты. Стоит отметить, что имитационное моделирование позволяет спрогнозировать всевозможные ситуации при проведении различных экспериментов с моделью. Поэтому создание имитационной модели АСДК транспортных потоков необходимо для анализа информации и прогнозирования ситуаций на маршрутах ГПТ.

В качестве эксперимента была разработана имитационная модель АСДК движения ГПТ в программной среде AnyLogic.

Разработка имитационной модели маршрутной сети города включает в себя три основных этапа:

1. Разработка имитационной модели маршрутной сети города.
2. Имитационный эксперимент с моделью – выделение наиболее перегруженных участков, корректировка ошибок.
3. Создание свода рекомендаций по перераспределению маршрутов ГПТ на основе глубокого анализа имитационной модели.

На рис. 3 представлена модель АСДК транспортных потоков для анализа информации и прогнозирования ситуаций на маршрутах ГПТ в действии. Стоит отметить, что данная симуляция является экспериментальной.

Построенная модель маршрута для городского пассажирского транспорта позволяет проводить эксперименты с целью оптимизации и анализа работы маршрутов: редактирование расписания транспорта, выбор типа (критерий вместимости) и количества (критерий загруженности дорог) подвижного состава на маршруте. Стоит отметить, что

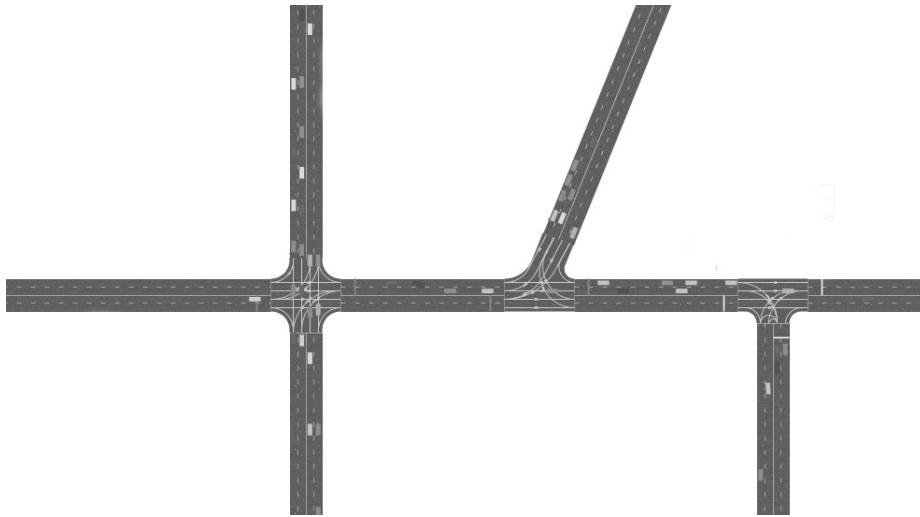


Рисунок 3. Экспериментальная модель АСДК транспортных потоков для анализа информации и прогнозирования ситуаций на маршрутах ГПТ в действии

для целостного анализа работы маршрутов необходимо создать модель сети всего города.

Принцип работы данной имитационной модели заключается в следующем: подвижные составы разных типов, с разными параметрами скорости движения и разным количеством посадочных мест движутся с заданным интервалом, перемещаются по маршрутам от одного остановочного пункта

до другого, совершают остановки для высадки и посадки пассажиров. Количество и частота появления людей на остановочных пунктах также задаются по определенным критериям, а именно: месяц, день недели, время суток, статистика маршрута. На рис. 4 представлена структура модели АСДК транспортных потоков для анализа информации и прогнозирования ситуаций на маршрутах ГПТ.

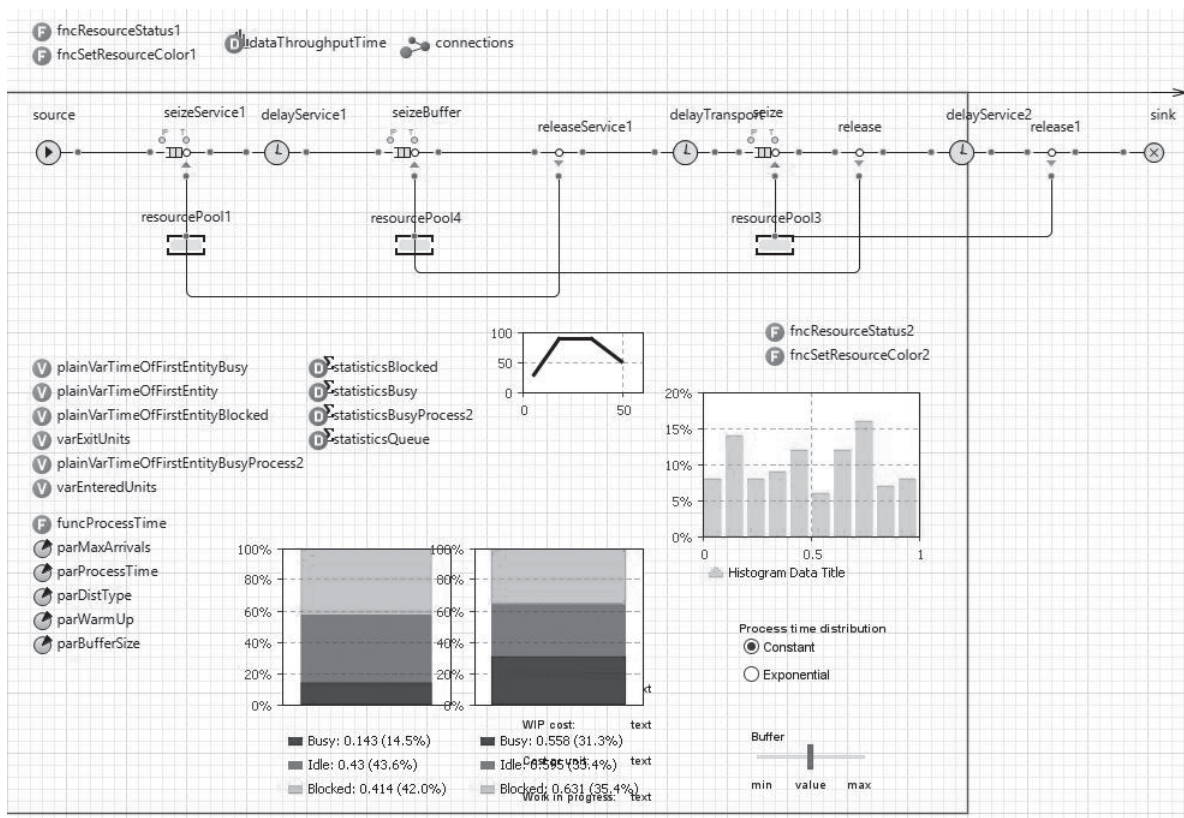


Рисунок 4. Структура имитационной модели АСДК транспортных потоков для анализа информации и прогнозирования ситуаций на маршрутах ГПТ

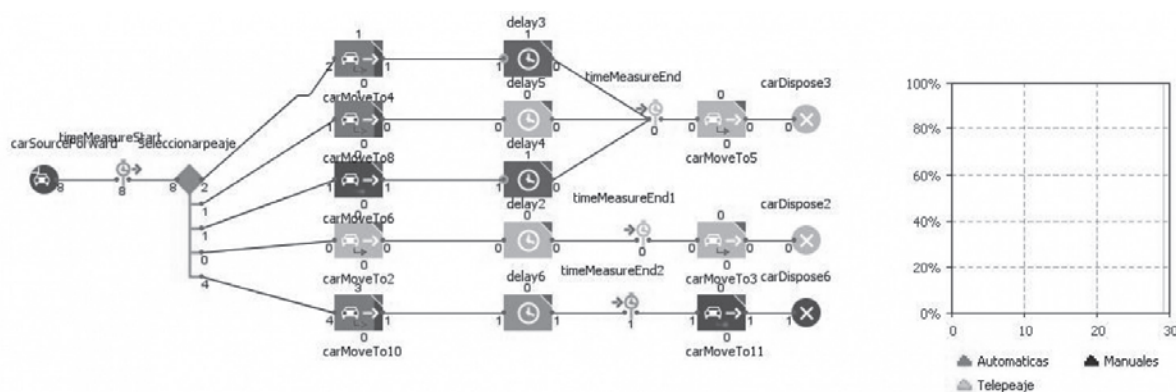


Рисунок 5. Исполнительный блок имитационной модели АСДК транспортных потоков для анализа информации и прогнозирования ситуаций на маршрутах ГПТ

При проведении имитации эксперимента на модели можно определить наиболее загруженные участки на дорогах города. Также эта модель дает возможность корректировать исходные параметры: пути маршрутов, расписание, тип и количество подвижных составов на конкретном маршруте, увеличение и уменьшение скорости движения, в т.ч. в реальном времени, помогает проводить анализ изменения ситуации транспортных потоков. На рис. 5 представлен исполнительный блок имитационной модели.

Использование разработанной имитационной модели и анализ эксперимента дает возможность повысить эффективность общественного транспорта, что, в свою очередь, будет способствовать снижению загруженности трафика на дорогах города.

Заключение

В статье рассматривается структура ГПТ, а также существующие на данный момент проблемы управления ГПТ в России. Здесь приведены актуальные данные, подготовленные Министерством транспорта Российской Федерации для информационно-статического бюллетеня «Транспорт России» за январь–март 2016 года, которые показывают,

что городская система транспорта играет важную роль в общей системе жизнеобеспечения города и имеет градоформирующее значение.

Из проведенного анализа АСОИ для составления и контроля расписания движения общественного ГПТ делается вывод о необходимости внедрения в сферу ГПТ АСДК на базе экспертной системы. В рамках данной работы также была разработана инфологическая схема БД автоматизированного диспетчера, выполненная с помощью CASE-средства автоматизированного построения и проектирования баз данных ERwin. В качестве эксперимента была разработана имитационная модель данной системы в программной среде AnyLogic. Имитационная модель позволяет экспериментировать с трафиком, анализировать полученную информацию и прогнозировать ситуации на маршрутах. Таким образом, внедрение полноценной АСДК на предприятиях по перевозке пассажиров позволит не только автоматизировать систему управления и контроля, но и повысить скорость и эффективность наземного транспорта, а также своевременно информировать пассажиров об изменениях в расписании, оптимизировать срок службы подвижного состава и безотказно планировать график движения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Официальный интернет-ресурс Министерства транспорта Российской Федерации [Электронный ресурс]. Адрес доступа: http://www.mintrans.ru/activity/detail.php?SECTION_ID=701#
2. Студопедия [Электронный ресурс]. Адрес доступа: <http://studopedia.ru/>
3. Груничев А. Г. Транспортные проблемы современного города (на примере Нижнего Новгорода) // Современные наукоемкие технологии. 2013. № 8–2. С. 281–283.
4. Зырянов В. В. Проблемы и некоторые результаты создания устойчивой городской транспортной инфраструктуры на примере Ростова-на-Дону // Устойчивое развитие городского транспорта: вызовы и возможности: сб. материалов Международного семинара. М.: НТБ «Энергия», 2013. С. 64–71.
5. ГУП «Мосгортранс» [Электронный ресурс]. Адрес доступа: <http://www.mosgortrans.ru/>
6. КБ РЭТ [Электронный ресурс]. Адрес доступа: <http://www.kbret.ru/>
7. Zyryanov V., Sanamov R. Improving Urban Public Transport Operation: Experience of Rostov-on-Don (Russia). International Journal of Transport Economics, 2009, Vol. XXXVI, no. 1, February, pp. 83–95.
8. Система PIKAS [Электронный ресурс]. Адрес доступа: <http://www.merakas.lt/27ru/33ru/>

9. Белгорова А. А., Давлеткиреева Л. З. Анализ автоматизированных инструментальных средств составления и контроля расписания движения общественного городского транспорта // *Современные научные исследования и инновации*. 2012. № 12 (20).
10. Варламов О. О., Санду Р. А., Владимиров А. Н., Носов А. В., Оверчук М. Л. Миварный подход к созданию мультипредметных активных экспертных систем в целях обучения информационной безопасности и управления инновационными ресурсами в образовании // *Известия Южного федерального университета. Технические науки*. 2010. № 11 (112). С. 226–232.
11. Варламов О. О. Обзор двадцати пяти лет развития миварного подхода к разработке интеллектуальных систем и создания искусственного интеллекта // *Труды НИИР*. 2011. № 1. С. 34–44.
12. Варламов О. О. Логический искусственный интеллект создан на основе миварного подхода! МИВАР: активные БД с линейным логическим выводом > 3 млн правил => понимание смысла + сингулярность в виртуальной реальности. Саарбрюкен, Германия: LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG, 2012. 700 с.
13. Чувилов Д. А. Разработка электронного образовательного ресурса (ЭОР) «МИВАР». «МИВАР» – логический искусственный интеллект. Саарбрюкен, Германия: LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG, 2015. 65 с.
14. Варламов О. О., Чибирова М. О., Хадиев А. М., Антонов П. Д., Сергушин Г. С., Протопопова Д. А., Жданович Е. А., Збавитель П. Ю., Сараев Д. В., Шошев И. А., Петерсон А. О. Практикум по миварному моделированию и созданию экспертных систем. На примере программного комплекса «Конструктор экспертных систем МИВАР 1.1» (КЭСМИ 1.1). М.: НИИ «МИВАР», 2015. 246 с.
15. Григорьев Ю. А. Алгоритм синтеза частично оптимальной схемы реляционной базы данных // *Наука и образование*. 2012. № 1. [Электронный ресурс]. Адрес доступа: technomag.neicon.ru/doc/294486.htm
16. Чувилов Д. А. Применение графического движка в решении интеллектуальных задач, связанных с ситуационным трехмерным моделированием // *Радиопромышленность*. 2015. № 3. С. 200–209.
17. Варламов О. О., Чувилов Д. А. Использование миварного подхода в решении задач, связанных с имитационным моделированием // *Имитационное моделирование. Теория и практика: труды конференции*. 2015. С. 280–284.
18. Чувилов Д. А., Петерсон А. О. Применение миварных технологий в интеллектуальном имитационном моделировании // *Автоматизация и управление в технических системах*. 2015. № 4.1.
19. Чувилов Д. А. Применение миварного логического ядра в решении задач, связанных с имитационным моделированием // *Автоматизация и управление в технических системах*. 2016. № 1.
20. Чувилов Д. А., Варламов О. О. Миварные технологии как средство создания систем автоматизации разумной деятельности человека // *Автоматизация и управление в технических системах*. 2016. № 1.

REFERENCES

1. Oficial'nyy Internet-resurs Ministerstva transporta Rossiyskoy Federatsii. Available at: http://www.mintrans.ru/activity/detail.php?SECTION_ID=701#
2. Studopediya. Available at: <http://studopedia.ru/>
3. Grunichev A. G. Transport problems of modern cities (Nizhny Novgorod case study). *Sovremennye naukoemkie tekhnologii*, 2013, no. 8–2, pp. 281–283. (In Russian).
4. Zyryanov V. V. Problems and some results from creation of a sustainable urban transport infrastructure in Rostov-on-Don shown as a case study. *Ustoychivoe razvitie gorodskogo transporta: vyzovy i vozmozhnosti: sbornik materialov Mezhdunarodnogo seminara*, 2013. pp. 64–71. (In Russian).
5. GUP «Mosgortrans». Available at: <http://www.mosgortrans.ru/>
6. KB RET. Available at: <http://www.kbret.ru/>
7. Zyryanov V., Sanamov R. Improving Urban Public Transport Operation: Experience of Rostov-on-Don (Russia). *International Journal of Transport Economics*, 2009, Vol. XXXVI, no. 1, February, pp. 83–95.
8. Sistema PIKAS. Available at: <http://www.merakas.lt/27ru/33ru/>
9. Belgolova A. A., Davletkireeva L. Z. Analysis of automated tools for preparation and monitoring of schedules for public urban transport. *Sovremennye nauchnye issledovaniya i innovatsii*, 2012, no. 12 (20). (In Russian).
10. Varlamov O. O., Sandu R. A., Vladimirov A. N., Nosov A. V., Overchuk M. L. MIVAR-based (Multi-functional information varying adaptive reality) approach to the creation of the active multi-subject active expertise systems for training on information security and management of innovative resources in education. *Izvestiya Yuzhnogo federal'nogo universiteta. Tekhnicheskie nauki*, 2010, no. 11 (112), pp. 226–232. (In Russian).
11. Varlamov O. O. Overview of the twenty-five years period of development of MIVAR-based approach to the development of intelligent systems and creation of artificial intelligence. *Trudy NIIR*, 2011, no. 1, pp. 3444. (In Russian).
12. Varlamov O. O. Logicheskiy iskusstvennyy intellekt sozdan na osnove mivarnogo podkhoda! MIVAR: aktivnye BD s lineynym logicheskim vyvodom > 3 mln pravil => ponimanie smysla + singulyarnost' v virtual'noy real'nosti [Logical artificial intelligence was designed under MIVAR based approach: MIVAR: active databases with a linear inference machinery > 3 million rules => understanding of the meaning + singularity in virtual reality]. Saarbryuken, Germaniya: LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG, 2012. 700 p.
13. Chuvirov D. A. Razrabotka elektronnoy obrazovatel'nogo resursa (EOR) «MIVAR». «MIVAR» – logicheskiy iskusstvennyy intellekt [Development of electronic educational resource (ESM) MIVAR. MIVAR – logic artificial intelligence]. Saarbryuken, Germaniya: LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG, 2015. 65 p.
14. Varlamov O. O., Chibirova M. O., Khadiev A. M., Antonov P. D., Sergushin G. S., Protopopova D. A., Zhdanovich E. A., Zbavitel P. Yu., Saraev D. V., Shoshev I. A., Peterson A. O. Praktikum po mivarnomu modelirovaniyu i sozdaniyu ekspertnykh sistem. Na primere programmnoy kompleksa «Konstruktor ekspertnykh sistem MIVAR1.1» (KESMI 1.1) [Workshop on

- MIVAR-based modeling and design of expertise systems. Illustrated by the case study of MIVAR1.1 Designer of expertise systems (KESMI 1.1) software suit]. Moscow, NII «MIVAR», 2015, 246 p. (In Russian).
15. Grigorev Yu. A. Algoritm sinteza chastichno optimal'noy skhemy relyatsionnoy bazy dannykh [The algorithm synthesis of partially optimal scheme of a relational database]. *Nauka i obrazovanie*, 2012, № 1. Available at: technomag.neicon.ru/doc/294486.htm
 16. Chuvikov D. A. Application of the graphics engine in solving intellectual tasks associated with 3D-simulation modeling. *Radiopromyshlennost*, 2015, no. 3, pp. 200–209. (In Russian).
 17. Varlamov O. O., Chuvikov D. A. Use of MIVAR-based approach in solving tasks associated with the simulation modeling. *Imitatsionnoe modelirovanie. Teoriya i praktika: trudy konferentsii*, 2015, pp. 280–284. (In Russian).
 18. Chuvikov D. A., Peterson A. O. Application of MIVAR-based technologies in intellectual simulation modeling. *Avtomatizatsiya i upravlenie v tekhnicheskikh sistemakh*, 2015, no. 4.1. (In Russian).
 19. Chuvikov D. A. Application of MIVAR core logic in solving tasks associated with simulation modeling. *Avtomatizatsiya i upravlenie v tekhnicheskikh sistemakh*, 2016, no. 1. (In Russian).
 20. Chuvikov D. A., Varlamov O. O. MIVAR technologies as a tool for design of automation systems of intelligent human activity. *Avtomatizatsiya i upravlenie v tekhnicheskikh sistemakh*, 2016, no. 1. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Чувиков Дмитрий Алексеевич, аспирант, Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ), 125319, Москва, Ленинградский пр-т, д. 64, e-mail: d.chuvikov@mivar.ru.

Теплов Евгений Владиславович, аспирант, Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ), 125319, Москва, Ленинградский пр-т, д. 64, e-mail: eteplov@hotmail.com.

Сараев Дмитрий Владимирович, Научно-исследовательский институт «МИВАР» 127521, Москва, ул. Октябрьская, д. 72, e-mail: d.saraev@mivar.ru.

Варламов Олег Олегович, д.т.н., профессор, МГТУ имени Н. Э. Баумана, директор, научно-исследовательский институт «МИВАР», 127521, Москва, ул. Октябрьская, д. 72, e-mail: ovar@mivar.ru.

Джха Пунам, аспирант, Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ), 125319, Москва, Ленинградский пр-т, д. 64, e-mail: punamelina@hotmail.com.

AUTHORS

Chuvikov Dmitriy, postgraduate student, Department of «Automated Control Systems» Moscow automobile and road construction state technical university (MADI), 64, Leningradskiy av., Moscow, 125319, e-mail: d.chuvikov@mivar.ru.

Teplov Evgeniy, postgraduate student, Department of «Automated Control Systems» Moscow automobile and road construction state technical university (MADI), 64, Leningradskiy av., Moscow, 125319, e-mail: eteplov@hotmail.com.

Saraev Dmitriy, Scientific-Research Institute «MIVAR», 72, Oktyabrskaya st., Moscow, 127521, e-mail: d.saraev@mivar.ru.

Varlamov Oleg, Doctor of Technical Sciences, Professor, Bauman Moscow State Technical University, director, Scientific-Research Institute «MIVAR», 72, Oktyabrskaya st., Moscow, 127521, e-mail: ovar@mivar.ru.

Jha Punam, postgraduate student, Department of «Automated Control Systems» Moscow automobile and road construction state technical university (MADI), 64, Leningradskiy av., Moscow, 125319, e-mail: punamelina@hotmail.com.