

## АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ ДОРОЖНЫМ ТРАФИКОМ

Н.В. Ломкин

lomkin.n.fl@gmail.com

SPIN-код: 7617-6654

С.А. Малышев

agent.serega@yandex.ru

SPIN-код: 3475-2896

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация

---

### Аннотация

Статья посвящена анализу решений, внедренных в интеллектуальные транспортные системы для крупных городов. На концептуальном уровне рассмотрена система *Kyosan Artemis*, установленная на одной из улиц Москвы. Выявлены достоинства и недостатки применяемых решений. Предложена концепция оригинальной системы улучшения дорожного трафика, позволяющей ввести новые компоненты информационного обмена данными о дорожной ситуации. Системе предполагается использовать как для моделирования транспортных потоков, так и для управления ими в реальном масштабе времени. Дальнейшая проработка предложенной концепции призвана повысить эффективность применения интеллектуальных транспортных систем.

### Ключевые слова

Транспорт, интеллектуальная транспортная система, дорожный трафик, *Kyosan Artemis*, моделирование

Поступила в редакцию 28.02.2018

© МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2018

---

**Введение.** Для успешного и динамичного развития современного мегаполиса необходима соответствующая его требованиям транспортная система, которая должна на шаг опережать потребности города в пассажирских и грузовых перевозках. В международной практике проблема перегруженности городских дорог решается с помощью технологии управления дорожным трафиком, получившей наименование «интеллектуальные транспортные системы» (ИТС). В таких системах алгоритмы эффективного управления дорожным движением, включая городской пассажирский транспорт, реализованы на основе существующей уличной дорожной сети без ее модификации и уплотнения.

Актуальность создания и развития ИТС определяется не только постоянным увеличением количества автомобилей на дорогах города и возникновением проблемы дорожных заторов. Главная задача, определяющая развитие ИТС, — необходимость организации безопасного и комфортного дорожного движения всех его участников с помощью внедрения таких инновационных технологий и концепций, как обработка больших данных, машинное обучение и «интернет вещей».

В рамках развития ИТС города вводятся алгоритмы управления светофорными объектами, системы автоматической фиксации нарушений Правил до-

рожного движения, мониторинг дорожной обстановки в реальном масштабе времени, развиваются функции информирования участников движения о дорожных условиях, графиках движения общественного транспорта и другие. Кроме того, ИТС являются результатом применения современных информационных технологий в транспортной инфраструктуре и непосредственно в транспортных средствах.

Цель настоящей работы — анализ существующих решений ИТС на примере транспортной системы города Москвы, выявление ее достоинств и недостатков, а также выработка подходов к улучшению интеллектуального управления дорожным трафиком.

**Анализ существующей ИТС и возможные пути ее улучшения.** За последнее время компаниями-разработчиками IT-систем и интеллектуальной контрольной аппаратуры создано и внедрено множество решений по оптимизации управления дорожным трафиком. В качестве пилотных проектов и перспективных решений ИТС вводятся на некоторых участках дорожной сети крупных мегаполисов, в том числе и в Москве. Так, с 2011 г. в Москве активно развивается ИТС на уровне государственной информационной системы, предназначенной для управления загрузкой улично-дорожной сети города, при этом учитываются ее пропускная способность и изменения транспортного потока, а также тенденция к повышению безопасности дорожного движения и качества транспортного обслуживания населения города Москвы. Интеллектуальная транспортная система Москвы включает в себя 2,6 тысячи светофорных объектов на перекрестках и пешеходных переходах, более 2 тысяч камер телеобзора и более 3,7 тысячи детекторов [1].

В 2017 г. на одном из загруженных участков дорожной сети — Онежской улице — реализован экспериментальный проект по передаче управления транспортным потоком системе интеллектуального управления дорожным трафиком [2]. Это японская система Kyosan Artemis, которая хорошо зарекомендовала себя в крупных городах Японии и Индии, также сталкивающихся с проблемой высокой загруженности дорожной сети [3].

Принцип, который заложен в основу существующих решений ИТС, — применение сложной электронной аппаратуры, с помощью которой осуществляется сбор данных о транспортных потоках для последующей обработки полученных данных. В системе Artemis для детекции транспортных средств применяются ультразвуковые датчики Model CUD-B22 с диапазоном частот радиоволн 26...1000 Гц. Они способны распознавать проходящие через заданный участок транспортные средства на расстоянии 1,5...8,0 м в зависимости от калибровки датчика, при этом диаметр зоны обнаружения составляет 0,75...1,20 м [4]. В других аналогичных ИТС применяются видеокамеры с высоким разрешением, которые непрерывно передают изображение в центр обработки данных для программного распознавания объектов, анализа и составления электронной карты загруженности конкретных участков дорожной сети. После этого принимаются решения по снижению загруженности путем корректировки циклов ра-

боты светофорных объектов [4]. Схема физической и коммуникационной архитектуры одного из слоев ИТС представлена на рис. 1.

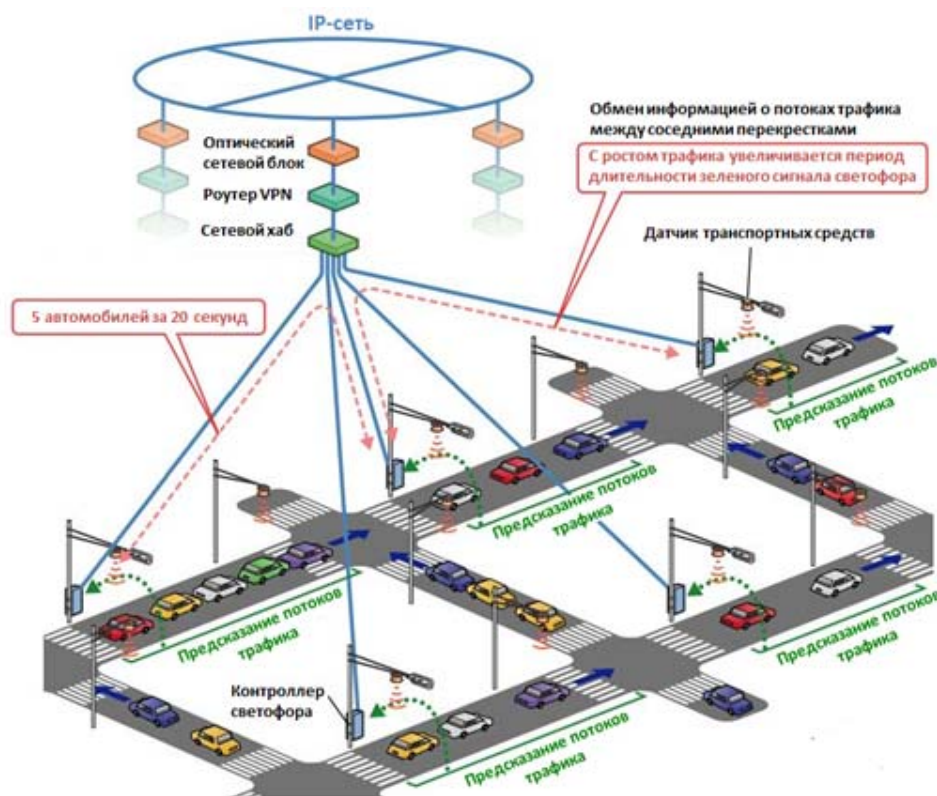


Рис. 1. Схема организации сбора данных о транспортном потоке в системе Kyosan Artemis

Этот слой ИТС характеризуется сбором статических и динамических данных о движущихся транспортных средствах, а также управлением циклами светофоров с помощью исполнительных элементов, представленных на рисунке.

Сбор данных реализуется датчиками транспортных средств, установленными перед каждым пересечением проезжих частей. Каждое такое пересечение есть узел дорожной сети. Специальные контроллеры, установленные в каждом узле, обеспечивают обмен информацией о транспортных потоках между другими узлами дорожной сети. Это позволяет выполнять действия по предсказанию прибывающих потоков трафика к перекрестку. Результаты предсказания новых дорожных ситуаций на каждом участке дорожной сети поступают в центр обработки данных, где выполняется расчет оптимальных циклов работы каждого светофора.

На конкретном примере это выглядит следующим образом. С одного из направлений к перекрестку начинает прибывать все больше транспортных средств, в то время как с других направлений частота их появления в среднем не изменяется. В таком случае ИТС принимает решение увеличить продолжи-

тельность работы зеленого сигнала светофора для загруженного направления, при этом для менее загруженных направлений будет гореть красный сигнал светофора.

Безусловным достоинством данной системы служит положительное влияние интеллектуального управления переключением светофоров и регулированием движения на перекрестках в зависимости от загруженности дорог на транспортный трафик, ее можно считать обобщением наработанных на данный момент решений по интеллектуальному управлению дорожным движением. Внедрение системы Artemis на Онежской улице позволило сократить время пребывания водителей в пробках на 40 % [5]. Однако основным недостатком подобной системы является высокая стоимость. Значительных финансовых вложений требуют не только ее разработка, тестирование и внедрение, поскольку на реализацию датчиков движения было потрачено 10 млрд руб. [6], но и привлечение высококвалифицированных специалистов по настройке и обслуживанию.

Напрашивается вывод, что огромное количество дорогостоящих и сложных датчиков в существующей ИТС используется для того, чтобы выделить единицу потока для его последующей дискретизации по времени. Однако в условиях мегаполиса такая дискретизация потока может привести к избыточности данных, в высокой точности которых нет необходимости. Каждая единица потока уже способна передавать о себе достаточно информации, и здесь допускается наличие некоторых отклонений в точности информации и во временных задержках, тем более что решения по регулированию транспортных потоков принимаются на основе не одного транспортного объекта, а нескольких, находящихся на расстоянии менее метра друг от друга. Пусть  $X$  — максимальная точность, с которой позиционируется транспортный объект на дорожной карте. Тогда, учитывая, что средняя вероятность ошибки определения местоположения по Wi-Fi или GSM-вышкам составляет около 14 % [7], получаем, что  $0,14X$  — вероятность получения ошибочного или неточного результата от одного транспортного объекта. Чем больше таких объектов, тем меньше будет погрешность. Ее значение будет экспоненциально уменьшаться с увеличением количества  $n$  транспортных средств:  $0,14^n X$ .

При использовании, например, одного из наименее затратных способов определения транспортных объектов — Wi-Fi позиционирования — общая погрешность измерения составляет около 2 м. При этом по причине большого числа единиц транспортного потока его качественная и количественная оценки останутся вполне допустимыми.

Другим примером более доступного способа обнаружения транспортных объектов, чем использование специальных датчиков, являются технологии GPS и ГЛОНАСС. Данные системы позиционирования дают несколько большую среднюю погрешность определения местоположения — около 5...10 м, однако измерения положения с течением времени, а также измерения, получаемые от нескольких автотранспортных средств, позволяют сопровождать объекты движения с точностью до перестроения на соседнюю полосу.

За последние несколько лет накоплено достаточно много статистических данных о дорожной обстановке в городе, по которым прослеживается характер ее изменения. В свою очередь, выполнение сбора информации о загруженности дорог новыми ИТС представляет собой полную замену существующих данных. Заметим, что и в государственной информационной системе Москвы, и в проекте Kyosan Artemis для сбора данных используются исключительно средства телеобзора и детекторы транспортных средств, т. е. дорогое высокотехнологичное оборудование, отстраненное от участников дорожного движения.

**Концепция системы улучшения дорожного трафика.** Повышения эффективности систем интеллектуального управления дорожным трафиком можно добиться, используя перечисленные ниже подходы.

1. Обработка больших данных, накопленных за последние годы различными сервисными службами, занимающимися анализом дорожного трафика. Объем таких данных может измеряться сотнями терабайт, сколько, к примеру, составляет объем хранилища серверов центра организации дорожного движения (ЦОДД). Определенная часть этих данных может быть актуальна и сегодня, даже в ситуации постоянного изменения облика городской транспортной системы. Таким образом, важно использовать данные от наибольшего количества доступных источников. Например, в центре обработки данных ситуационного ЦОДД установлено более 100 серверов, на которых хранится в общей сложности около 2 Петабайт данных. Часть их постоянно обновляется — например, данные, полученные с камер, хранятся на серверах в течение семи дней [8].

Объемов данных, накопленных компанией «Яндекс» (сервис «Яндекс Пробки»), было бы достаточно для реализации системы, предсказывающей возможные проблемные места на участках уличной дорожной сети не только Москвы, но и других городов России.

2. Каждый объект (транспортное средство) может сам сообщать о своем положении на участке дороги и скорости передвижения [9]. Это можно осуществить путем использования технологии RFID — автоматической идентификации объектов посредством радиосигналов [10], другими словами, оснастить каждый автомобиль RFID-метками. Есть и другой способ определения локализации транспортных объектов на дороге — использование данных геолокации мобильных устройств, находящихся в транспортном средстве. Сегодня практически все водители пользуются смартфонами и навигаторами, поэтому достаточно будет пользовательского соглашения с владельцем устройства на предоставление данных геолокации. При наличии такого соглашения мобильное устройство водителя становится частью системы сбора данных о транспортных потоках и их распределении. Еще один способ связан с Wi-Fi-позиционированием. С внедрением в городскую систему сети беспроводных точек доступа стало возможным их использование для определения местоположения и параметров не только клиентов сетей Wi-Fi, но и мобильных устройств, сканирующих пространство в поисках доступных точек подключения к Wi-Fi [11].

Основополагающий принцип состоит в том, что данные о транспортных потоках следует получать из всех открытых и доступных источников — как от самих участников дорожного движения, так и от хранителей архивов дорожной обстановки при сотрудничестве с ними. Это могут быть данные сервисов «Яндекс Карты» и Google Maps, которые ежеминутно в режиме реального времени собирают анонимную статистику от пользователей соответствующих мобильных приложений.

Концептуальная схема системы интеллектуального управления дорожным трафиком, работающей в соответствии с перечисленными выше подходами, представлена на рис. 2. На основе данных, получаемых от всех доступных источников, проводится анализ транспортных потоков и автоматически вырабатываются решения по их регулированию, включая управляющие данные для светофорных объектов на перекрестках и пешеходных переходах. Конечно, в любом случае должна оставаться возможность вмешательства оператора, поскольку полностью автоматическая система не сможет учесть форс-мажорные обстоятельства или сделает регулирование невозможным при выходе из строя какого-либо ее компонента.

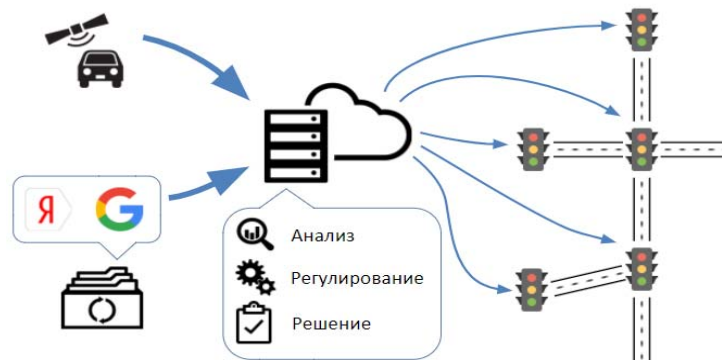


Рис. 2. Концептуальная схема системы улучшения дорожного трафика

Для обеспечения интеллектуального регулирования светофорных объектов необходимо разработать соответствующее аппаратное (например, микроконтроллерное) и программное обеспечение, позволяющее им работать на основе управляющих данных, получаемых из центра обработки данных. Также можно предусмотреть работу светофоров по установленным циклам, если по каким-либо причинам данные от сервера не поступают.

Таким образом, эффективность подобной системы достигается, в первую очередь, в результате использования существующих интернет-сервисов получения данных о транспортных потоках, а также в результате получения данных напрямую от участников дорожного движения. Технически это можно реализовать двумя способами: применяя рассмотренную систему либо вместо оборудования, предназначенного для локализации транспортных объектов, либо совместно с ним. В первом случае может быть достигнута существенная экономия финансовых затрат всего проекта. Но поскольку дорогостоящее оборудование

уже функционирует на улицах города последние несколько лет, способ дополнения данных от датчиков открытыми сервисами позволит оперировать уже более значительным количеством источников. Использование архивных статистических данных совместно с текущими данными о дорожной обстановке позволит выполнять упреждающее планирование циклов светофорных объектов.

Кроме того, подобную систему можно использовать и для моделирования работы интеллектуальных систем управления дорожным трафиком на определенных участках дорожной сети, что поможет спрогнозировать эффективность работы ИТС до ее внедрения на улицах города. Вырабатываемые такой системой рекомендации могут стать полезными не только службам организации дорожного движения, но и, например, градостроителям при работе над изменением или расширением дорожной сети.

**Заключение.** Интеллектуальные транспортные системы являются местом соприкосновения автотранспортной индустрии и информационных технологий [12], их применение возможно как для моделирования транспортных потоков, так и для управления дорожной ситуацией в реальном масштабе времени. Существующие решения, применяемые для построения ИТС как в рамках государственной информационной системы Москвы, так и в рамках специального проекта Kyosan Artemis, позволяют оптимизировать дорожный трафик, но используют большое число специализированных технических средств, в том числе датчиков, детекторов, видеосистем, и отличаются дороговизной, из-за чего их внедрение в целом в пределах крупного мегаполиса затруднительно.

Анализ существующих решений показал, что можно не ограничиваться только специфическими техническими средствами, внедренными в ИТС, но и использовать другие информационные ресурсы, сервисы и статистику. Предложенная концепция системы улучшения дорожного трафика включает в себя обработку больших массивов данных о городской дорожной ситуации, накопленных интернет-сервисами, а также автоматическое сообщение о локализации транспортных средств со стороны самих участников дорожного движения, что достижимо различными техническими способами. Детальная разработка и внедрение данной концепции может повысить эффективность управления дорожной ситуацией в крупном городе, а также моделировать компоненты ИТС с прогнозированием результатов их применения до непосредственного внедрения в городскую систему управления дорожным движением.

## Литература

- [1] Интеллектуальная транспортная система. URL: [www.gucodd.ru/index.php/component/content/article/58](http://www.gucodd.ru/index.php/component/content/article/58) (дата обращения 25.01.2018).
- [2] Умные светофоры помогли сократить пробки на севере Москвы на 30%. URL: <https://ria.ru/society/20171031/1507930197.html> (дата обращения 25.01.2018).
- [3] Japan's Kyosan electric manufacturing Co Ltd forays into Indian market. URL: <https://in.finance.yahoo.com/news/japans-kyosan-electric-manufacturing-co-072813783.html> (дата обращения 25.01.2018).

- [4] Road traffic control products.  
URL: [kyosan.com.tw/upload/userfiles/file/1450917296253587031.pdf](http://kyosan.com.tw/upload/userfiles/file/1450917296253587031.pdf)
- [5] ЦОДД: Систему регулирования светофоров ARTEMIS не планируют устанавливать по завершению пилотного проекта. URL: [www.mskagency.ru/materials/2719772](http://www.mskagency.ru/materials/2719772) (дата обращения 25.01.2018).
- [6] Власти Москвы запустили конкурента «Яндекс. Картам».  
URL: [www.kommersant.ru/doc/2734684](http://www.kommersant.ru/doc/2734684) (дата обращения 25.01.2018).
- [7] Определение местоположения без GPS: как устроен Яндекс. Локатор.  
URL: <https://habrahabr.ru/company/yandex/blog/162955/> (дата обращения 25.01.2018).
- [8] BIG DATA 2017: Цифровые дороги Москвы.  
URL: [www.osp.ru/news/articles/2017/05/13053580/](http://www.osp.ru/news/articles/2017/05/13053580/) (дата обращения 25.01.2018).
- [9] Жанказиев С.В. Интеллектуальные транспортные системы.  
URL: <http://lib.madi.ru/fel/fel1/fel16E377.pdf> (дата обращения 25.01.2018).
- [10] RFID. URL: <http://www.idexpert.ru/technology/121/21/> (дата обращения 25.01.2018).
- [11] Позиционирование в сетях Wi-Fi с высокой точностью.  
URL: <https://habrahabr.ru/company/cisco/blog/270779/> (дата обращения 25.01.2018).
- [12] Интеллектуальные транспортные системы — проблемы на пути внедрения в России. URL: <https://habrahabr.ru/post/175497/> (дата обращения 25.01.2018).

**Ломкин Никита Вячеславович** — студент кафедры «Компьютерные системы и сети», МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация.

**Малышев Сергей Александрович** — студент кафедры «Компьютерные системы и сети», МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация.



## OPPORTUNITY ANALYSIS OF INTELLIGENT TRAFFIC MANAGEMENT

**N.V. Lomkin**

lomkin.n.f1@gmail.com

SPIN-code: 7617-6654

**S.A. Malyshev**

agent.serega@yandex.ru

SPIN-code: 3475-2896

**Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation**

---

### Abstract

*The article is devoted to analyzing the solutions implemented into the intelligent transport systems for metropolises. Conceptually we consider the KyosanArtemis system installed in one of the streets in Moscow. The benefits and drawbacks of the applied solutions are revealed. We suggest a concept of the original system for improving the traffic that allows putting in new components of the information data exchange regarding the situation on the road. This system is supposed to be used for both traffic simulation and traffic management on a real time basis. The further elaboration of the proposed concept is intended to increase the efficiency of using the intelligent transport systems.*

### Keywords

*Transport, intelligent transport system, traffic, KyosanArtemis, simulation*

© Bauman Moscow State Technical University, 2018

---

### References

- [1] Intellektual'naya transportnaya Sistema [Intelligent transportation systems]. Available at: [www.gucodd.ru/index.php/component/content/article/58](http://www.gucodd.ru/index.php/component/content/article/58) (accessed 25 January 2018).
- [2] Umnye svetofory pomogli sokratit' probki na severe Moskvyy na 30% [Intelligent traffic lights helped to reduce traffic jams in the center of Moscow by 30%]. Available at: <https://ria.ru/society/20171031/1507930197.html> (accessed 25 January 2018).
- [3] Japan's Kyosan electric manufacturing Co Ltd forays into Indian market. Available at: <https://in.finance.yahoo.com/news/japans-kyosan-electric-manufacturing-co-072813783.html> (accessed 25 January 2018).
- [4] Road traffic control products. Available at: [kyosan.com.tw/upload/userfiles/file/1450917296253587031.pdf](http://kyosan.com.tw/upload/userfiles/file/1450917296253587031.pdf)
- [5] TsODD: Sistemu regulirovaniya svetoforov ARTEMIS ne planiruyut ustanavlivat' po zaversheniyu pilotnogo proekta [TsODD: ARTEMIS traffic light regulation system won't be set up when the pilot project ends]. Available at: [www.mskagency.ru/materials/2719772](http://www.mskagency.ru/materials/2719772) (accessed 25 January 2018).
- [6] Vlasti Moskvyy zapustili konkurenta «Yandeks.Kartam» [Moscow government created challenger to “Yandex.Karti”]. Available at: [www.kommersant.ru/doc/2734684](http://www.kommersant.ru/doc/2734684) (accessed 25 January 2018).
- [7] Opredelenie mestopolozheniya bez GPS: kak ustroen Yandeks.Lokator [Position finding without GPS: how Yandex.Locator is organized]. Available at: <https://habrahabr.ru/company/yandex/blog/162955/> (accessed 25 January 2018).
- [8] BIG DATA 2017: Tsifrovyye dorogi Moskvyy [BIG DATA 2017: digital roads of Moscow]. Available at: [www.osp.ru/news/articles/2017/05/13053580/](http://www.osp.ru/news/articles/2017/05/13053580/) (accessed 25 January 2018).

- [9] Zhankaziev S.V. Intellektual'nye transportnye sistemy [Intelligent transportation systems]. Available at: <http://lib.madi.ru/fel/fel1/fel16E377.pdf> (accessed 25 January 2018).
- [10] RFID. Available at: <http://www.idexpert.ru/technology/121/21/> (accessed 25 January 2018).
- [11] Pozitsionirovanie v setyakh Wi-Fi s vysokoy tochnost'yu [High-precision positioning in Wi-Fi networks]. Available at: <https://habrahabr.ru/company/cisco/blog/270779/> (accessed 25 January 2018).
- [12] Intellektual'nye transportnye sistemy — problemy na puti vnedreniya v Rossii [Intelligent transportation systems — problems of spreading them in Russia]. Available at: <https://habrahabr.ru/post/175497/> (accessed 25 January 2018).

**Lomkin N.V.** — student, Department of Computer Systems and Networks, Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation.

**Malyshev S.A.** — student, Department of Computer Systems and Networks, Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation.