

## ВВЕДЕНИЕ В ТЕХНОЛОГИЮ СЛАЙСИНГА В СЕТЯХ СВЯЗИ ПЯТОГО ПОКОЛЕНИЯ

**Б. С. Гольдштейн, В. С. Елагин,  
К. О. Кобзев\*, А. А. Гребенщикова**

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций  
им. проф. М. А. Бонч-Бруевича,  
Санкт-Петербург, 193232, Российской Федерации

\*Адрес для переписки: noxis-96@yandex.ru

### **Аннотация**

Поставщики услуг связи рассматривают технологию 5G в качестве инструмента для получения новых доходов, а слайсинг сети обеспечивает экономически эффективное средство поддержки нескольких услуг в общей инфраструктуре. Различные технологии радиодоступа, сетевые архитектуры могут быть объединены под управлением программного обеспечения для предоставления соответствующих слайсов, обеспечивающие новый уровень в качестве обслуживания.

### **Ключевые слова**

Слайсинг, сети связи пятого поколения.

### **Информация о статье**

УДК 004.722

Язык статьи – русский.

Поступила в редакцию 31.03.2019, принята к печати 30.12.19.

**Ссылка для цитирования:** Гольдштейн Б. С., Елагин В. С., Кобзев К. О., Гребенщикова А. А. Введение в технологию слайсинга в сетях связи пятого поколения // Информационные технологии и телекоммуникации. 2019. Том 7. № 4. С. 21–29. DOI 10.31854/2307-1303-2019-7-4-21-29.

# AN INTRODUCTION TO 5G NETWORK SLICING TECHNOLOGY

**B. Goldstein, V. Elagin, K. Kobzev\*, A. Grebenschchikova**

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunications,  
St. Petersburg, 193232, Russian Federation

\*Corresponding author: noxis-96@yandex.ru

**Abstract**—Communications Service Providers are looking to 5G technology as an enabler for new revenues, with network slicing providing a cost-effective means of supporting multiple services on shared infrastructure. Different radio access technologies, network architectures, and core functions can be brought together under software control to deliver appropriate Quality of Service “slices,” enabling new levels of service innovation, such as high bandwidth for video applications, low latency for automation, and mass connectivity for Smart Cities.

**Keywords**—Network Slicing, 5G.

## Article info

Article in Russian.

Received 31.03.2019, accepted 30.12.19.

**For citation:** Goldstein B., Elagin V., Kobzev K., Grebenschchikova A.: An Introduction to 5G Network Slicing Technology // Telecom IT. 2019. Vol. 7. Iss. 4. pp. 21–29 (in Russian). DOI 10.31854/2307-1303-2019-7-4-21-29.

Коммуникационные технологии являются катализатором цифровизации общества и важным фактором роста валового внутреннего продукта (ВВП) во всем мире. Если смотреть в будущее, то нет никаких оснований сомневаться в том, что мобильная сеть продолжит развиваться, охватывая такие сегменты отрасли, как автомобилестроение, производство, логистика, энергетика, а также финансы, здравоохранение и другие, которые в настоящее время не в полной мере используют потенциал мобильных услуг.

Неэффективное использование мобильной сети обусловлено разнообразием и даже противоречивостью требований к связи таких предприятий. Например, для одного бизнес-клиента могут потребоваться сверхнадежные услуги, в то время как для других бизнес-клиентов может потребоваться связь со сверхширокой полосой пропускания или крайне низкой задержкой. В 5G сеть должна быть спроектирована таким образом, чтобы она могла предложить различное сочетание возможностей для одновременного удовлетворения всех разнообразных требований.

С функциональной точки зрения наиболее логичным подходом является построение набора выделенных сетей, каждая из которых адаптирована для обслуживания одного типа бизнес-клиента. Эти специализированные сети позволят использовать специально разработанные функциональные возможности и обеспечить функционирование сетей с учетом потребностей каждого бизнес-

клиента, а не применять универсальный подход, как это было отмечено нынешним и предыдущим поколением мобильных устройств, что было бы экономически невыгодно<sup>1</sup>.

Гораздо более эффективный подход заключается в использовании нескольких выделенных сетей на общей платформе: именно это позволяет обеспечить слайсинг (рис. 1). Разрезание сети является воплощением концепции запуска нескольких логических сетей в качестве практически независимых бизнес-операций на общей физической инфраструктуре эффективным и экономичным способом. Это радикальное изменение парадигмы по сравнению с текущими реализациями. Благодаря сегментированию в 5G сеть способна адаптироваться к внешней среде, а не наоборот.

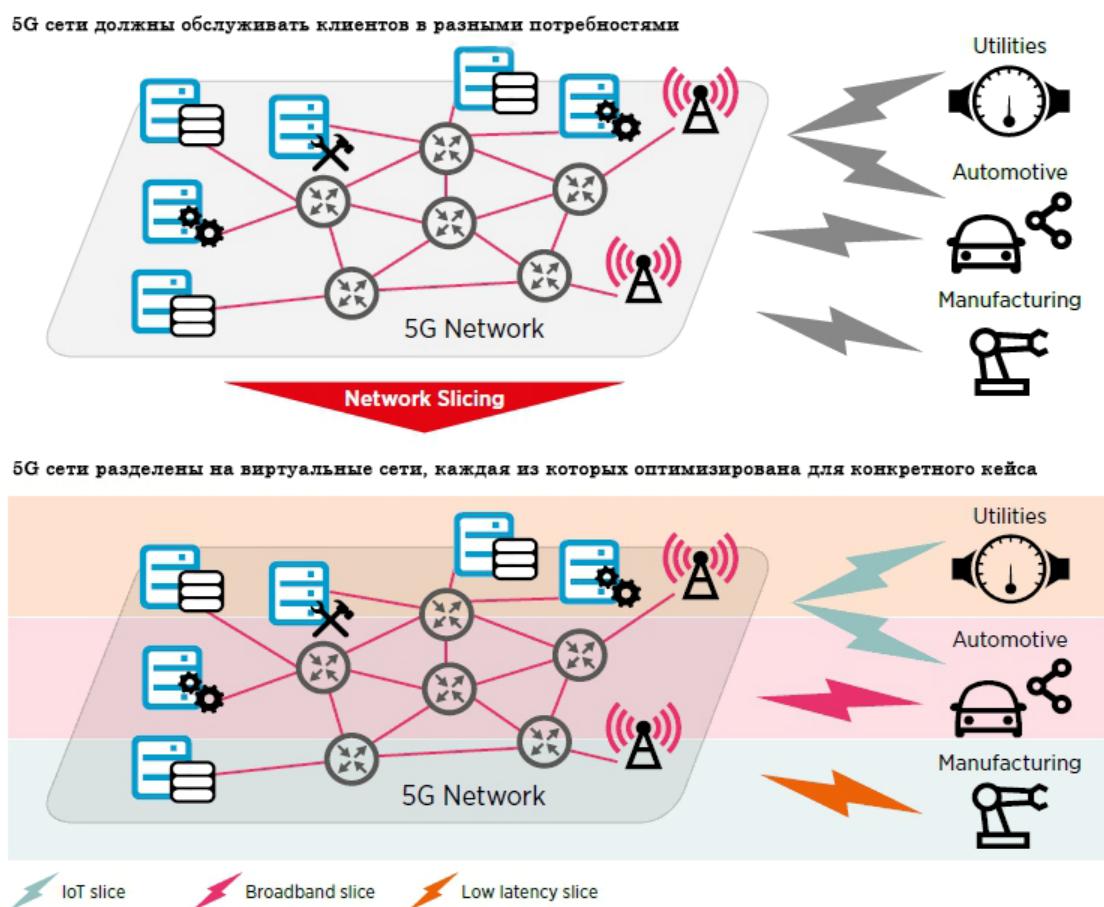


Рис. 1. Представление о слайсинге

В сочетании со слайсингом, сети 5G позволяют клиентам пользоваться возможностями подключения и обработки данных в соответствии с конкретными бизнес-требованиями. При этом данные условия соответствуют соглашению об уровне обслуживания (SLA), заранее согласованного с оператором мобильной связи. Наиболее важные критерии включают в себя: скорость передачи данных, качество, задержку, надежность и безопасность.

<sup>1</sup> ITU-T IMT2020: Application of network softwarization to IMT-2020. URL:: <http://www.itu.int/en/ITU-T/focusgroups/imt-2020/Pages/default.aspx>

С точки зрения оператора мобильной связи, сегмент сети представляет собой независимую сквозную логическую сеть, которая работает на совместно используемой физической инфраструктуре, способной обеспечить согласованное качество обслуживания.

Сетевой сегмент (слайс) может охватить несколько частей сети (например, терминал, сеть доступа, базовая сеть и транспортная сеть). Слайс содержит выделенные и/или совместно используемые ресурсы, например, с точки зрения мощности, памяти, полосы пропускания и имеет изоляцию от других сегментов. Типы слайсов можно определить с функциональной или поведенческой точки зрения. Поэтому предполагается, что операторы мобильной связи могут развернуть один тип слайсов, который удовлетворяет требованиям нескольких вертикальных сегментов, а также слайсы различных типов, которые упакованы как единый продукт, предназначенный для бизнес-клиента. Например, транспортное средство может нуждаться одновременно в слайсе с высокой полосой пропускания для информационно-развлекательных мероприятий и в сверхнадежном слайсе для телеметрии<sup>23</sup>.

### **Непрерывность обслуживания**

Поскольку слайс представлен пользователю как обычная мобильная сеть, нет никаких препятствий в обеспечении сервиса для устройств, которые перемещаются за пределы домашней сети, таким образом обеспечивая уровни непрерывности обслуживания, необходимые для бесшовной работы.

С технической точки зрения существует, по меньшей мере, три способа обеспечения доступности подходящего слайса в сценарии международного роуминга:

- гостевая сеть может предоставить пользователю международного роуминга слайс с эквивалентной функциональностью слайса, используемого в домашней сети. Например, партнеры по международному роумингу могут договориться о поддержке общего набора стандартных слайсов;
- домашняя сеть может экспорттировать проект пользовательского слайса, используемого пользователем, так что он может быть создан и управляться оператором гостевой мобильной сети;
- домашняя сеть может расширить слайс гостевой сети при условии, что она имеет разрешение от гостевой сети на управление ресурсами.

### **Концептуальный проект слайсинга**

Отличительной особенностью слайсинга является возможность гибкой настройки функциональности для бизнес-клиентов. Такой настраиваемый сервис может быть разделен на два компонента: служба сетевых подключений и служба сетевых ресурсов<sup>4</sup>.

Служба сетевых подключений описывает функциональные возможности, предлагаемые бизнес-клиентам на уровне подключений. Служба содержит набор технических атрибутов, определяющих поведение слайса, а также топологию и географическое распределение. Список характеристик включает в себя:

<sup>2</sup> GSMA. URL: <https://www.gsma.com/futurenetworks/>

<sup>3</sup> GSMA, Introduction to network slicing. URL: <https://www.gsma.com/futurenetworks/resources/an-introduction-to-network-slicing-2/>

<sup>4</sup> Там же.

- задержка почти в реальном времени (end-to-end задержка) для услуг с требованиями к низкой и стабильной задержке;
- стабильная и высокая скорость загрузки;
- гарантированный SLA;
- широкий охват для обеспечения обслуживания в различных странах;
- стабильное управление подключенными устройствами, от нескольких устройств, вплоть до экстремально высокой плотности устройств/соединений;
- бесперебойная мобильность и стабильное качество в сценариях использования со средней и высокой скоростью (например, высокоскоростной поезд, авиация);
- энергоэффективность как на стороне сети, так и на стороне терминала клиента (например, сценарии NB-IoT).

Служба сетевых ресурсов. Бизнес-клиентам может быть предоставлен доступ к сетевым ресурсам оператора для запуска собственных приложений. Оператор обязуется предоставить бизнес-клиенту услугу управления жизненным циклом, т.е. возможность открытого управления жизненным циклом. Помимо этого, сеть способна предлагать дополнительные услуги:

- Big Data аналитика для организации сложных процессов и экосистем;
- безопасность платформы и обеспечение различных уровней безопасности и конфиденциальности;
- облачные вычисления, т.е. повсеместный доступ к ресурсам оператора;
- периферийные вычисления для обеспечения сверхбыстрых взаимодействий;
- обеспечение различных возможностей управления посредством API.

Полный список ключевых параметров представлен на рис. 2.

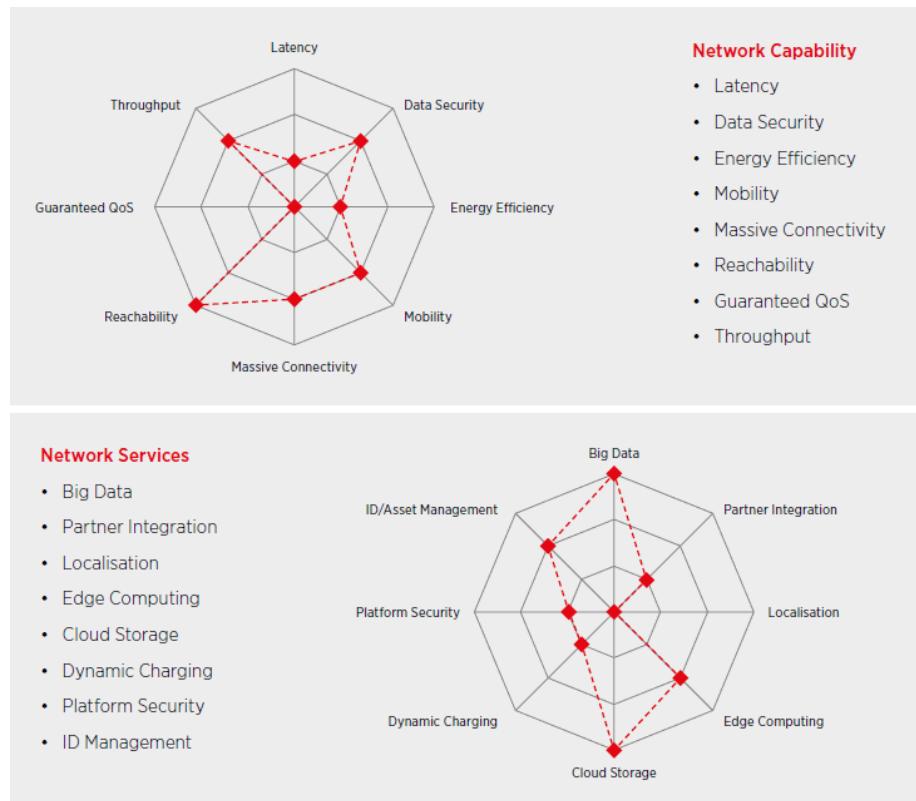


Рис. 2. Ключевые параметры слайсинга

Существует ряд вертикальных рынков, таких как автомобильная промышленность, интеллектуальные сети и Интернет вещей (IoT), в которых сети пятого поколения будут справляться с огромным разнообразием требуемых услуг. Концепция сегментирования сети на основе эффективного совместного использования ресурсов и услуг все больше набирает обороты как перспективное решение. Софтверизация сети является еще одним движущим фактором для слайсинга, так как реализация сетевых функций и оборудования с помощью программного обеспечения считается ключом к концепции сегментирования. Программно-определяемые сети (SDN) и виртуализация сетевых функций (NFV) – две основные технологии, позволяющие создавать слайсы сети на ресурсах физической инфраструктуры.

Оираясь на концепцию сегментирования от альянса сетей мобильной связи нового поколения NGMN (*Next Generation Mobile Network*) [1] и слайсинга сети LTE [2], можно предположить существование трёх основных уровней для создания архитектуры сегментирования сети для систем пятого поколения, приведённых на рис. 3.

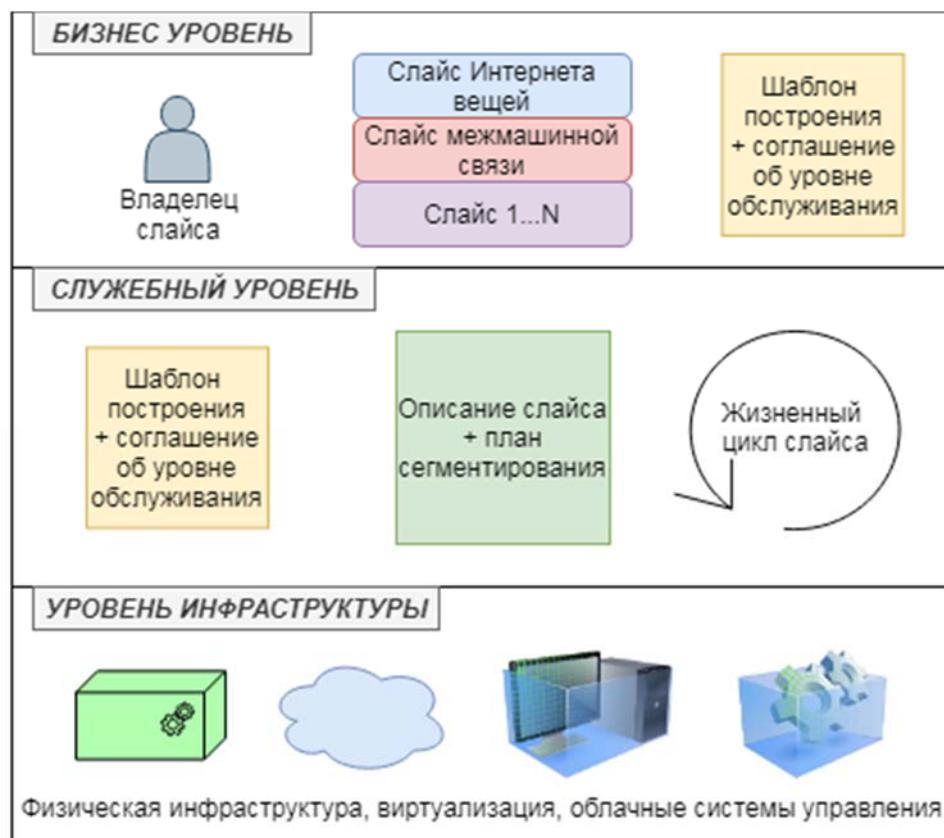


Рис. 3. Уровни архитектуры сегментирования

Вершиной данной системы выступает бизнес уровень, где в первую очередь именно владелец слайса создает желаемый вариант его использования (например, Интернет Вещей) и является триггером для построения сетевого сегмента. При наличии стандартных шаблонов эталонных слайсов, описывающих бизнес-приложение, можно установить определённую политику и конфигурацию. Данные условия, совместно с соглашением об уровне обслуживания, являются

необходимыми требованиями для успешной реализации и функционирования следующего уровня представленной архитектуры.

В свою очередь, служебный уровень предполагает поддержку всех функций, используемых для управления жизненным циклом каждого сетевого сегмента. Например, этапы развертывания, реализации, управления, контроля и т. д. Также, на этом уровне осуществляется преобразование уже имеющихся стандартных шаблонов в оперативный пакет ресурсов и услуг, адаптированный к конкретному варианту использования. То есть, имеется специфический для конкретной службы «план», определяющий полное описание структуры и конфигурации для создания и контроля в течение всего жизненного цикла сетевого сегмента и обеспечивающий определенные характеристики сети (например, сверхнизкую задержку, сверхнадежность) [1]. Согласно [2], конкретный пакет описывается сквозным описанием сетевого сегмента (*Network Slice Description*, NSD) и применяется совместно с файлом манифеста (*network slice manifest file*, NSM), включающего метаданные для группы сопроводительных файлов.

Уровень инфраструктуры должен поддерживать облачную экосистему с возможностью реконфигурации в режиме реального времени и виртуализацию для быстрых услуг. То есть, данный этап включает в себя физическую инфраструктуру и уровень виртуализации для обособления физических ресурсов. Само понятие физических ресурсов означает физический актив для вычислений, хранения или транспортировки, включая радиодоступ. А логические ресурсы – это раздел физического ресурса или группа нескольких физических ресурсов, выделенных для сетевой функции или совместно используемых набором сетевых функций. В общем плане, данное определение может содержать такие элементы, как: программируемые вычислительные, сетевые и запоминающие устройства, программируемое радиочастотное аппаратное и программное обеспечение и любой тип программируемой сети. Согласно [2], нижние уровни представляют облачные и сетевые (на основе программно-определенной сети SDN) системы управления благодаря установлению связи между определенными компонентами по требованию. Кроме того, эффективные методологии управления SDN используются для повышения гибкости сети и упрощения конфигурации сети на основе соглашения об уровне обслуживания (SLA).

В данном подходе используются облачные технологии, программно-определенные сети (SDN) и виртуализация сетевых функций (NFV) в качестве средства, обеспечивающего необходимые инструменты для вертикальной организации системы, в то же время, приспособливая сегменты сети к конкретным случаям использования.

### **Начальные определения для построения математических моделей**

Для построения математических моделей, следует обозначить не только наличие активных слайсов, но так же и количество пользователей, приблизительные ёмкости сегментов и т. д. Предположим, что  $S$  сегментов активны на базовой станции, а на каждом из них обслуживается  $p_s$  пользователей (где  $s$  – сегмент из общего количества  $S$  и  $s = 1, \dots, S$ ). Общая пропускная способность базовой станции определяется, как  $C$  бит/с, а ёмкость отдельно взятого слайса, как  $C_s$  бит/с. Стоит отметить, что все параметры принадлежат действительным и положительным значениям.

С точки зрения построения архитектуры сети на базе слайсинга, существует два основных направления функционирования такой системы: однородность и неоднородность каждого отдельного взятого сетевого сегмента. Для примера рассмотрим однородность подобного элемента из общего набора  $S$  слайсов, что означает тождественность характеристик трафика, требований к качеству обслуживания QoS и предоставление своим пользователям только одной услуги со скоростью передачи данных не менее  $a_s > 0$  бит/с и не более  $b_s \leq C$  бит/с [3]. Тогда, эффективная скорость передачи данных для конкретного пользователя отдельно взятого слайса  $x_s^i$  будет находиться в пределах:

$$0 < a_s \leq x_s^i \leq b_s,$$

где  $i$  – отдельный пользователь.

Поэтому, согласно [3], данная величина является переменной, зависит от ёмкости сегмента и количества обслуживаемых им пользователей, а общая сумма скоростей передачи данных не может превышать данную ёмкость:

$$\sum_{i=1}^{p_s} x_s^i \leq C_s.$$

Если предположить равномерное распределение ресурсов в пределах одного слайса, то эффективная скорость передачи данных для конкретного пользователя отдельно взятого сегмента определяется по формуле [3]:

$$x_s^i = x_s = \frac{C_s}{p_s}.$$

Таким образом, можно установить минимальное пороговое значение скорости  $a_s$  бит/с в пределах одного сегмента, ниже которой не может опуститься выделенная скорость пользователя, иначе полученные параметры уже не будут соответствовать требованиям по качеству обслуживания QoS.

## Заключение

В следующих работах можно разработать или рассмотреть оптимальные существующие схемы сегментирования сети, которые удовлетворяют минимальным требованиям к скорости передачи данных и обеспечивают изоляцию для каждого из слайса внутри системы.

## References

1. Afolabi, T. Taleb, K. Samdanis, A. Ksentini and H. Flinck. Network Slicing and Softwarization: A Survey on Principles, Enabling Technologies, and Solutions // in IEEE Communications Surveys & Tutorials, vol. 20, no. 3, pp. 2429–2453, thirdquarter 2018, doi: 10.1109/COMST.2018.2815638.
2. Katsalis K., Nikaein N., Schiller E., Ksentini A., Braun T. Network Slices toward 5G Communications: Slicing the LTE Network // in IEEE Communications Magazine, vol. 55, no. 8, pp. 146–154, Aug. 2017, doi: 10.1109/MCOM.2017.1600936.
3. Yarkina, N., Gaidamaka, Y., Correia, L.M., Samouylov, K. An Analytical Model for 5G Network Resource Sharing with Flexible SLA-Oriented Slice Isolation // Mathematics 2020, 8, 1177, doi: <https://doi.org/10.3390/math8071177>.

- Гольдштейн  
Борис Соломонович**
- доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой, СПбГУТ, Санкт-Петербург, 193232, Российская Федерация, bgold@sut.ru
- Елагин  
Василий Сергеевич**
- кандидат технических наук, доцент, СПбГУТ, Санкт-Петербург, 193232, Российская Федерация, v.elagin@spbgut.ru
- Кобзев  
Кирилл Олегович**
- студент, СПбГУТ, Санкт-Петербург, 193232, Российская Федерация, noxis-96@yandex.ru
- Гребенщикова  
Александра Андреевна**
- студентка, СПбГУТ, Санкт-Петербург, 193232, Российская Федерация, sgreben1@mail.ru
- Goldstein Boris**
- Doctor of Engineering Sciences, Full Professor, Head of the Department, SUT, St. Petersburg, 193232, Russian Federation, bgold@sut.ru
- Elagin Vasilij**
- Candidate of Engineering Sciences, Assistant Professor, SUT, St. Petersburg, 193232, Russian Federation, v.elagin@spbgut.ru
- Kobzev Kirill**
- Student, SUT, St. Petersburg, 193232, Russian Federation, noxis-96@yandex.ru
- Grebenshchikova Alexandra**
- Student, SUT, St. Petersburg, 193232, Russian Federation, sgreben1@mail.ru