

## ПОДХОДЫ К ИНТЕГРАЦИИ ТЕХНОЛОГИИ NB-IOT СЕТЯМ 5G/IMT-2020/IMT-2020

А. А. Гребенщикова<sup>1\*</sup>, А. А. Атея<sup>1</sup>, А. С. А. Мутханна<sup>1</sup>, Р. В. Киричек<sup>1</sup>

<sup>1</sup> СПбГУТ, Санкт-Петербург, 193232, Российская Федерация

\* Адрес для переписки: [sgreben1@mail.ru](mailto:sgreben1@mail.ru)

### Аннотация

**Предмет исследования.** Консорциум 3GPP разработал новую узкополосную радио технологию – NB-IoT (узкополосная радио - технология Интернета Вещей). Основными целями для создания данной технологии послужили сверхнизкое энергопотребление и низкая стоимость устройств, при максимальном уровне покрытия. NB-IoT работает в минимальной пропускной способности, чем в будущем сможет обеспечить связью огромное количество устройств с низкой скоростью передачи данных.

**Метод.** В данной работе мы объединяем узкополосную технологию NB-IoT с сетями пятого поколения мобильных сетей 5G/IMT-2020. В основном речь идёт о развёртывании пограничных облачных систем для приложений, работающих со сверхнизкой задержкой. Одной из основных целей развития узкополосной радиотехнологии является упрощение действующих протоколов, за счёт исключения неактуальной функциональности для приложений Интернета Вещей. **Основные результаты.** Полученная в итоге упрощённая система несомненно экономически выгодна для развёртывания и тем самым не будет возникать больших проблем с внедрением. Среди прочих преимуществ, выделим то, что упрощённая система может быть реализована на универсальной вычислительной платформе.

**Практическая значимость.** Этот факт определённо подчёркивает возможность для внедрения NB-IoT так же и в облачные вычислительные платформы.

### Ключевые слова

Интернет Вещей, NB-IoT, MEC, архитектура, 5G/IMT-2020.

### Информация о статье

УДК 004.71

Язык статьи – русский.

Поступила в редакцию 20.10.17, принята к печати 01.12.17.

**Ссылка для цитирования:** Гребенщикова А. А., Атея А. А., Мутханна А. С. А., Киричек Р. В. Подходы к интеграции технологии NB-IoT сетям 5G/IMT-2020/IMT-2020 // Информационные технологии и телекоммуникации. 2017. Том 5. № 4. С. 8–16.

# APPROACHES TO THE INTEGRATION OF TECHNOLOGY NB-IOT NETWORKS 5G/IMT-2020

A. Grebenshchikova<sup>1\*</sup>, Abdelhamied A. Ateya<sup>1</sup>, A. Muthanna<sup>1</sup>, R. Kirichek<sup>1</sup>

<sup>1</sup> SPbSUT, St. Petersburg, 193232, Russian Federation

\* Corresponding author: sgreben1@mail.ru

**Abstract—Research subject.** The 3GPP has introduced a new narrowband radio technology called narrowband Internet of Things (NB-IoT) in Release 13. NB-IoT was designed to support very low power consumption and low-cost devices in extreme coverage conditions. NB-IoT operates in very small bandwidth and will provide connectivity to a large number of low-data-rate devices. **Method.** In this work, we built a system to integrate the NB-IoT with the 5G cellular system. We mainly concern with the deployment of edge cloud units for ultra-low latency applications.

**Core results.** One of the NB-IoT development targets is to simplify the RAN protocols by removing functionality not needed for IoT applications. The simplified system is easier to implement and more cost-efficient to deploy. Among other benefits, the simplified system can be implemented on a general-purpose computing platform. **Practical relevance.** These aspects make NB-IoT attractive for implementation in cloud computing platforms.

**Keywords**—Internet of Things, NB-IoT, MEC, architecture, 5G/IMT-2020.

## Article info

Article in Russian.

Received 20.10.17, accepted 01.12.17.

**For citation:** Grebenshchikova A., Ateya A. Abdelhamied, Muthanna A., Kirichek R.: Approaches to the integration of technology NB-IoT networks 5G/IMT-2020 // Telecom IT. 2017. Vol. 5. Iss. 4. pp. 8–16 (in Russian).

## Введение

Разработка мобильных сетей пятого поколения 5G/IMT-2020, а именно обеспечение связи и оптимального уровня трафика, вызывает трудности из-за огромного роста числа беспроводных устройств (например, смартфоны) [1, 2]. Ожидается, что мировой трафик, по сравнению с 2010 г., возрастёт в 200 раз уже к 2020 г. А в 2030 г. ожидается подъём в 20 000 раз. Одной из основных целей 5G/IMT-2020 является достижение скорости передачи данных около 10 Гбайт. Кроме того, сети пятого поколения обещают достичь высоких показателей в пропускной способности, малых задержках, надёжности, связности и мобильности. Для решения таких проблем, как загрузка трафика и проблемы подключения, а также для достижения ожидаемой скорости передачи данных со сверхнизкой задержкой, новая сотовая система 5G/IMT-2020 должна использовать новые технологии в различных точках

сети. Некоторые технологии, такие как программно-определяемая сеть (SDN) и виртуализация сетевых функций (NFV), должны использоваться в основной сети [3].

Глобальное медиа агентство MEC производит облачные вычисления прямо рядом с пользователем – дословно в шаге от него [4]. Использование MEC, означает уход от централизованных больших центров обработки данных к распределённым небольшим центрам обработки данных с ограниченными возможностями по сравнению с централизованными единицами. Благодаря этому можно достичь больших успехов и выгоды. Мобильное облачное вычисление – это, несомненно, тренд в сфере облачных вычислений, т. к. все вычисления переносятся в мобильное переносное устройство. Развитие коммуникационных технологий LPWAN так же имеет большие успехи<sup>1</sup>. С точки зрения лицензирования частотного спектра, технологии Интернета вещей [5, 6] можно разделить на такие составляющие: работающие в разрешённом и неразрешённом спектре. Первую категорию представляют Lora, Sigfox и т. д. Большинство из них являются нестандартными. Вторую составляют уже известные всем сотовые коммуникационные технологии 2G/3G (такие как GSM, CDMA, WCDMA и другие), LTE технология, поддерживающая разные виды терминалов. Стандарты для этих коммуникационных технологий, работающих в разрешённом спектре, разработаны международными организациями стандартов. Например, 3GPP (GSM, WCDMA, LTE и др.), а также 3GPP2 (CDMA и т. д.).

Узкополосная технология Интернета вещей является широкодоступной технологией с низким энергопотреблением, утверждённая 3GPP с целью приобретения данных, предназначенное для интеллектуальных приложений с низкой скоростью передачи. Например, умная система измерения данных и мониторинг окружающей среды. Технология NB-IoT поддерживает массовое подключение, ультранизкое энергопотребление, имеет широкую зону охвата и двунаправленное включение между сигнализацией и данными. А также эффективную сотовую коммуникационную сеть. Далее будут рассмотрены основные характеристики технологии NB-IoT [7].

### **Характеристика NB-IoT**

Низкое энергопотребление. Используя режим энергосбережения PSM (*power saving mode*) и расширенное прерывистое восприятие (*expanded discontinuous reception* – eDRX), в NB-IoT может быть реализовано более длительное время работы в режиме ожидания. Требования к NB-IoT заключаются в том, чтобы срок службы батареи постоянного тока составлял 10 лет для типичного низкоскоростного низкочастотного обслуживания. Например, для потери связи 164 дБ и с использованием как PSM, так и eDRX, срок службы батареи 5 Вт может составлять 12,8 лет, то есть 200 байт отправляется один раз в день терминалом, как показано в таблице.

---

<sup>1</sup> Low Power Wide Area Network – LPWAN Technology Decisions: 17 Critical Features. URL: <http://www.weightless.org/membership/hvVs4ZGQqr5dwCDIBiYX>

Таблица.

Сроки службы батареи в год в зависимости от потери связи

| Размер сообщения / интервал | Срок службы батареи/год |                       |                       |
|-----------------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------|
|                             | Потеря связи в 144 дБ   | Потеря связи в 154 дБ | Потеря связи в 164 дБ |
| 50 байтов / 2 часа          | 22,4                    | 11,0                  | 2,5                   |
| 200 байтов / 2 часа         | 18,2                    | 5,9                   | 1,5                   |
| 50 байтов / 1 день          | 36,0                    | 31,6                  | 17,5                  |
| 200 байтов / 1 день         | 34,9                    | 26,2                  | 12,8                  |

Улучшенный охват и низкая чувствительность к задержке. Для реализации улучшения охвата NB-IoT принимаются такие механизмы, как повторная передача (200 раз) и низкочастотная модуляция. В настоящее время допустимая латентность в 3GPP IoT составляет 10 с. Фактически, также может поддерживаться более низкая латентность около 6 с для максимальных потерь связи.

- Режим передачи. Полоса пропускания физического уровня NB-IoT составляет 200 кГц. В нисходящей линии связи NB-IoT использует модем QPSK и технологию OFDMA с интервалом между несущими 15К. В восходящей линии связи принимаются BPSK или QPSK-модем и технология SC-FDMA, включая одну поднесущую и несколько поднесущих. Кроме того, с точки зрения производительности, NB-IoT гарантирует покрытие + 20 дБ, ~ 1000х соединений, ~ 10 лет, используя только полосу частот 200 кГц.

- Ресурс спектра. Развертывание NB-IoT в полосах частот, таких как 700 МГц, 800 МГц и 900 МГц является отличным выбором, поскольку это довольно обширная экосистема в основном из-за его поддержки со стороны многих мировых ведущих операторов. Например, NB-IoT имеет большую поддержку со стороны четырех крупнейших телекоммуникационных операторов в Китае.

Режим работы NB-IoT. В настоящее время поддерживает только режим передачи FDD с полосой пропускания 180 кГц и три типа развертывания:

- независимое развертывание (Автономный режим);
- разделение защитных полос (Защитный режим);
- внутриполосное развертывание (внутриполосный режим).

Уровни покрытия. Существует три типа классов покрытия, включая нормальный охват, надежный охват и экстремальный охват, которые соответствуют минимальным потерям связи 144, 154 и 164 дБ соответственно. Модуляция, режим кодирования и повторное время передачи данных может быть выбрано в соответствии с классом покрытия терминалов.

Повторная передача данных. NB-IoT использует механизм повторной передачи данных для получения коэффициента разнесения во времени и модуляции низкого порядка для улучшения производительности демодуляции и производительности покрытия. Все каналы поддерживают повторную передачу данных.

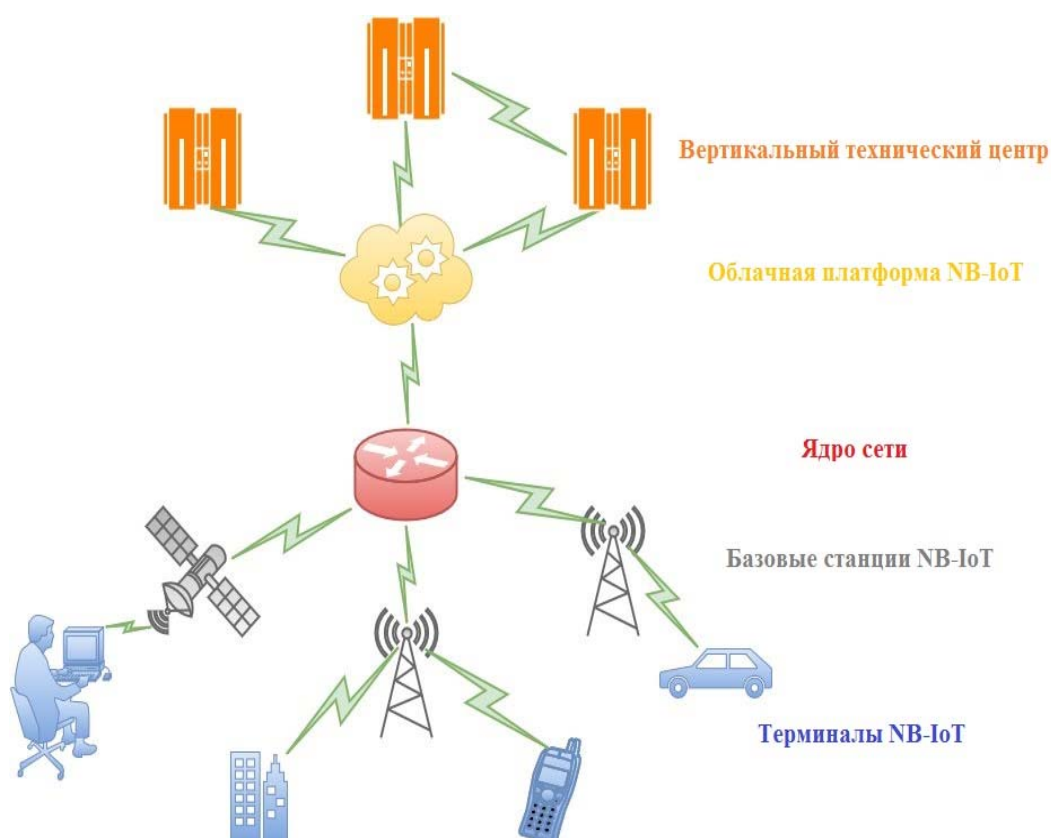


Рис. 1. Структура NB-IoT

Сеть NB-IoT состоит из пяти частей:

1) Вертикальный технический центр. Получает данные службы NB-IoT и хранит их в своем собственном центре, а также берёт под контроль терминалы NB-IoT.

2) Облачная платформа NB-IoT. Облачная платформа NB-IoT обрабатывает различные услуги и результаты перенаправляет в вертикальный технический центр или терминалы NB-IoT.

3) Ядро сети NB-IoT. В базовой сети NB-IoT базовая станция NB-IoT может подключаться к облачной платформе NB-IoT.

4) Базовая станция NB-IoT. В основном это относится к базовой станции, которая уже была развернута операторами связи, и поддерживает все три типа режимов развертывания.

5) Терминалы NB-IoT. Устройства IoT во всех отраслях промышленности имеют доступ к сети NB-IoT, пока установлена соответствующая SIM-карта.

### **Система для интеграции NB-IoT в сетях 5G/IMT-2020**

В данной статье предлагается система для интеграции NB-IoT в сетях 5G/IMT-2020 с использованием облачных вычислений [8]. Главной задачей мобильного облачного вычисления это предоставить пользовательский интерфейс для использования этих приложений. Облачные вычисления в мобильном устройстве можно

классифицировать по модели обслуживания на 4 типа [9]: как потребитель (MaaS), как поставщик услуг (MaaS), как брокер-сервис (MaaS) как представитель службы (MaaS). Каждый пользователь в сотовой ячейке может рассматриваться как один из этих видов. Как потребитель, мобильное устройство не выполняет никаких задач, а хранение и использование всех вычислений происходит прямо в облаке или на других устройствах. Именно этот тип является самым распространённым. В том случае, если устройство имеет возможность разделить сам процесс обработки и хранения данных, мобильное устройство относится к поставщикам. В данном примере устройство собирает информацию со своих встроенных датчиков (камера или функция GPS), а затем передаёт данные на другим пользователям. Брокер-сервис работает приблизительно так же, как и поставщик, отличие лишь в возможности организации сетей и переадресации. Это значит, что мобильные устройства как сервис-брокер могут играть роль шлюза для других устройств.

Целая сеть может быть представлена, как ядро сети и распределённые ячейки. Рис. 2 иллюстрирует сквозную структуру предлагаемой системы. Структура нашей системы состоит из пользовательских устройств, RAN(БС), облачные блоки, коммутаторов доступа, коммутаторов на основе OpenFlow, Middleboxes и, наконец, контроллера SDN. Каждая базовая станция подключается к сети посредством переключателей доступа, которые выполняют классификацию пакетов при трафике с пользовательских устройств. Коммутаторы доступа – это программные коммутаторы, такие как Open vSwitch.

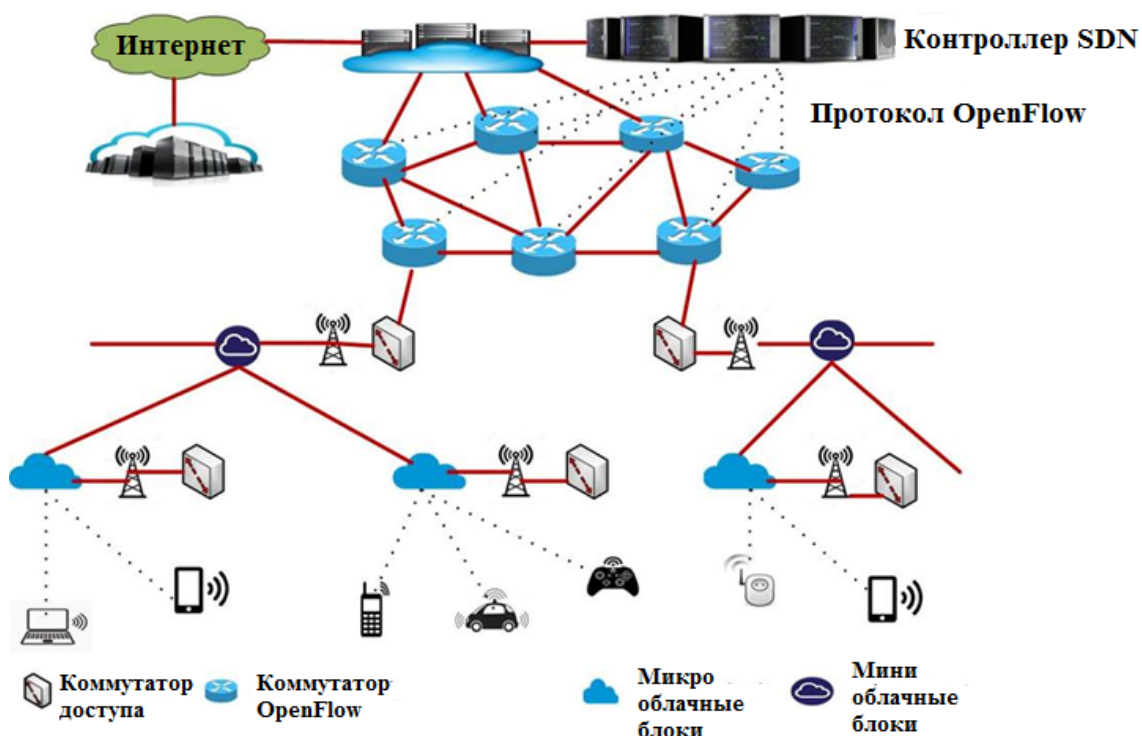


Рис. 2. Сквозная структура системы

Вся сеть подключается через коммутаторы OpenFlow, которые управляют пакетами данных и пересылают трафик, основываясь на таблицах потоков. Middleboxes – это оборудование, которое предоставляет сетевым операторам возможность добавлять дополнительные функции, такие как межсетевой экран и трансляция сетевых адресов. Основными требованиями к функциям и сервисам, внедренными этими Middlebox, являются эффективное использование ресурсов и защита системы от атак. Все эти элементы представляют собой плоскость данных сети.

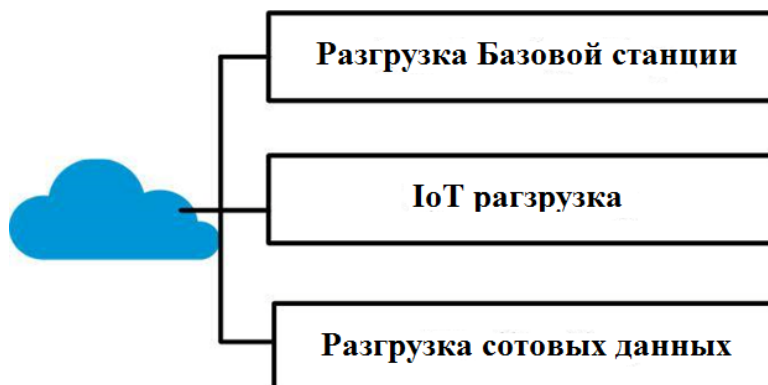


Рис. 3. Разгрузка сети посредством облачного модуля

Облачный модуль используется для уменьшения количества промежуточных узлов, участвующих в процессе связи и для разгрузки системы. Разгрузку можно разделить на три составляющих части, как показано на рис. 3. Первая – разгрузка базовой станции, поскольку облачный модуль помогает базовым станциям в некоторых задачах, связанных с выделением ресурсов. Вторая – рабочая нагрузка, передаваемая от узлов датчиков, которая представляет собой разгрузку IoT (Интернет Вещей), а третья часть – разгрузка сотовых данных.

### Заключение

Предлагаемая система может эффективно управлять и устанавливать эффективный и гибкий путь маршрутизации между любыми двумя конечными точками. Таким образом, возможно уменьшение количества промежуточных узлов, участвующих в процессе коммуникации. Предложенная структура использует SDN в ядре сети, а значит, актуальна и эффективна для интеграции NB-IoT и систем пятого поколения 5G/IMT-2020.

### Литература

1. Бородин А. С., Кучерявый А. Е. Сети связи пятого поколения как основа цифровой экономики // Электросвязь. 2017. № 5. С. 45–49.
2. Muthanna A., Masek P., Hosek J., Fujdiak R., Hussein O., Paramonov A., Koucheryavy A. Analytical Evaluation of D2D Connectivity Potential in 5G Wireless System // Lecture Notes in Computer Science. 2016. Vol. 9870. pp. 395–403.

3. Курбанова Ф. Ф., Залкеприева А. А., Рамазанова П. М. [и др.] NFV Виртуализация сетевых функций // Научное сообщество студентов XXI столетия. Технические науки: сб. ст. по мат. XLIII междунар. студ. науч.-практ. конф. № 6 (42). URL: [https://sibac.info/archive/technic/6\(42\).pdf](https://sibac.info/archive/technic/6(42).pdf)
4. Мутханна А. С. А., Атея А. А., Филимонова М. И. Исследование облачных вычислений в сотовых сетях // Информационные технологии и телекоммуникации. 2017. Т. 5. № 3. С. 45–59.
5. Vladyko A., Muthanna A., Kirichek R. Comprehensive SDN Testing Based on Model Network // Lecture Notes in Computer Science. 2016. Vol. 9870. pp. 539–549.
6. Кучерявый А. Е. Интернет Вещей // Электросвязь. 2013. № 1. С. 21–24.
7. Klas G. I. Fog Computing and Mobile Edge Cloud Gain Momentum Open Fog Consortium // The Eleventh International Conference on Systems and Networks Communications (ICSNC). 2016. 122 p.
8. Рыжков А. Е. Развитие технологии NB-IoT // Труды учебных заведений связи. 2017. Т. 3. № 4. С. 94–101.
9. Ateya A., Muthanna A., Gudkova I., Vybornova A., Koucheryavy A. Intelligent core network for Tactile Internet system // International Conference on Future Networks and Distributed Systems. 2017.

### References

1. Borodin A., Koucheryavy A. Fifth Generation Networks as a base to the Digital Economy // *Electrosvyaz'*. 2017. No. 5. pp. 45–49.
2. Muthanna A., Masek P., Hosek J., Fujdiak R., Hussein O., Paramonov A., Koucheryavy A. Analytical Evaluation of D2D Connectivity Potential in 5G Wireless System // *Lecture Notes in Computer Science*. 2016. Vol. 9870. pp. 395–403.
3. Kurbanova F., Zalkeprieva A., Ramazanova P. et al. Network Functions Virtualization (NFV) // XLIII International Scientific and Practical Conference « Scientific community of students of the XXI century. Technical science». 2016. Iss. 6 (42). URL: [https://sibac.info/archive/technic/6\(42\).pdf](https://sibac.info/archive/technic/6(42).pdf)
4. Muthanna A., Ateya A., Filimonova M.: Study of Cloud Computing in Cellular Systems // *Telecom IT*. 2017. Vol. 5. Iss 3. pp. 45–59 (in Russian).
5. Vladyko A., Muthanna A., Kirichek R. Comprehensive SDN Testing Based on Model Network // *Lecture Notes in Computer Science*. 2016. Vol. 9870. pp. 539–549
6. Koucheryavy A. Internet of Things // *Electrosvyaz'*. 2013. No. 1. pp. 21–24.
7. Klas G. I. Fog Computing and Mobile Edge Cloud Gain Momentum Open Fog Consortium // The 11th International Conference on Systems and Networks Communications (ICSNC). 2016. 122 p.
8. Ryzhkov A. NB-IoT Technology in Progress // *Proceedings of Telecommunication Universities*. 2017. Vol. 3. Iss. 4. pp. 94–101.
9. Ateya A., Muthanna A., Gudkova I., Vybornova A., Koucheryavy A. Intelligent core network for Tactile Internet system // *International Conference on Future Networks and Distributed Systems (ICFNDS)*. 2017.

**Гребенщикова  
Александра Андреевна**

– студентка, СПбГУТ, Санкт-Петербург, 193232,  
Российская Федерация, [sgreben1@mail.ru](mailto:sgreben1@mail.ru)

**Атея Абдельмоталеп  
Абдельхамид Ашраф**

– аспирант, СПбГУТ, Санкт-Петербург,  
193232, Российская Федерация,  
[eng.abdelhamied@hotmail.com](mailto:eng.abdelhamied@hotmail.com)

**Мутханна Аммар Салех Али**

– кандидат технических наук, ассистент, СПбГУТ,  
Санкт-Петербург, 193232, Российская Федерация,  
[ammarexpress@gmail.com](mailto:ammarexpress@gmail.com)



- Киричек Руслан Валентинович*** – кандидат технических наук, доцент, СПбГУТ, Санкт-Петербург, 193232, Российская Федерация, kirichek@sut.ru
- Grebenshchikova Alexandra*** – Student, SPbSUT, St. Petersburg, 193232, Russian Federation, sgreben1@mail.ru
- Ateya A. Abdelhamied*** – Postgraduate, SPbSUT, St. Petersburg, 193232, Russian Federation, eng.abdelhamied@hotmail.com
- Muthanna Ammar*** – Candidate of Engineering Sciences, Assistant, SPbSUT, St. Petersburg, 193232, Russian Federation, ammarexpress@gmail.com
- Kirichek Ruslan*** – Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, SPbSUT, St. Petersburg, 193232, Russian Federation, kirichek@sut.ru