

ОТЗЫВ

зарубежного научного консультанта на диссертационную работу докторанта Алматинского университета энергетики и связи имени Гумарбека Даукеева, Туржановой Карины Муратовны на тему «Исследование эффективности функционирования сети мобильной связи 4G при использовании узкополосной технологии NB-IoT для различных сценариев использования спектра», представленной на соискание ученой степени PhD по специальности 6D071900 – «Радиотехника, электроника и телекоммуникации»

1. **Обоснование актуальности выполненной работы, ее значимости для современной науки и практики.** Тема диссертационной работы Туржановой Карины Муратовны связана с решением сложной и актуальной проблемы в области телекоммуникаций – рациональным использованием мобильными операторами ограниченного, лицензируемого частотного спектра для реализации новых и многообещающих технологий. К последним относится технология Интернета вещей (IoT), которая является важной частью цифровой трансформации мировой экономики, и, в частности, экономики Казахстана. Однако распространение IoT может замедлиться в связи с недостаточной пропускной способностью сетей. Одним из способов повышения производительности IoT может быть технология NB-IoT, которая использует потенциал современных сотовых сетей. Наличие трех сценариев использования радиочастотного спектра для развертывания технологии NB-IoT (автономный, сценарий совмещенного использования спектра, сценарий использования защитной полосы) позволяет мобильным операторам связи **наиболее оптимально** переиспользовать доступный частотный спектр.

Для решения озвученной проблемы перед докторантом стояла сложная задача - оценить эффективность функционирования сети мобильной связи 4G при использовании различных сценариев использования спектра технологией NB-IoT. Актуальность темы исследования обусловлена **отсутствием единого стандартизированного научно-методического подхода** к оценке эффективности сети в зависимости от выбора сценария развертывания частотных каналов NB-IoT при оказании услуг Интернета вещей, что определяют научную ценность и практическую значимость диссертационной работы.

2. Основные научные и методологические положения, на которые докторант опирается. Докторант в своей диссертационной работе уместно использует положения из международных стандартов партнерской группы 3GPP, рекомендации Международного союза электросвязи (МСЭ), ETSI, GTP TDD, рабочие спецификации, подготовленные телекоммуникационными компаниями Huawei, Ericsson, Rohde&Schwarz и т.д. При этом, показывает достойное владение основами планирования и оптимизации радиосетей, что объясняется многолетним опытом работы в сфере телекоммуникаций. Отличительной особенностью работы является то, что все исследования проводятся в условиях близких к реальным. Это достигается за счет использования специализированного программного обеспечения Forsk Atoll NB-IoT для моделирования функционирования сети NB-IoT. На современном уровне проведены теоретические, прикладные и методологические исследования, что свидетельствует о хорошей технической подготовке докторанта.

3. Полученные докторантом научные результаты и их обоснованность. Докторантом получены следующие научные результаты:

- выявлен набор сетевых факторов и ключевых показателей сети, обеспечивающих комплексную оценку эффективности сценариев развертывания NB-IoT на сетях мобильной связи 4G;

- на основе результатов моделирования и экспериментального исследования получены значения ключевых показателей эффективности сети для каждого сценария NB-IoT;

- разработан многокритериальный метод для проведения всесторонней оценки эффективности функционирования сети мобильной связи 4G для оказания услуг NB-IoT при различных сценариях развертывания;

- на основе выбранных показателей эффективности проведена сравнительная оценка сценариев развертывания сети NB-IoT;

- разработаны практические рекомендации для операторов мобильной связи.

Основные положения диссертационной работы опубликованы в международных и республиканских изданиях и доложены на международных научно-практических конференциях зарубежом, что дает право оценить ее

высокую научную ценность и практическую значимость. Обоснованность и достоверность полученных результатов исследований подтверждают акты внедрения на производстве и патент на полезную модель.

4. Структурная и содержательная целостность диссертации. Диссертация состоит из содержания, введения, основной части в качестве 3 разделов, заключения; изложена на 132 страницах, содержит 39 рисунков, 33 таблицы и 91 источник литературы. Полученные результаты в диссертационной работе характеризуются внутренним единством, наличием связей результатов между выводами по разделам и заключения по диссертации.

5. Объем исследований. По теме диссертации имеется 9 опубликованных научных работ, в том числе 5 статей в изданиях, рекомендуемых ККСОН МОН РК, в изданиях, имеющий ненулевой импакт-фактор 2 статьи, в 2 международных научно-практических конференциях, проводимых с непосредственным участием докторанта. Получен патент «Способ определения эффективности применения технологии NB-IoT на сети мобильной связи 4G» № 6322 от 13.08.2021 г., и акты внедрения от казахстанских телекоммуникационных компаний - ТОО «Хуавей Текнолоджиз Казахстан» от 30.12.2020 г. и ТОО «Кар-Тел» с торговой маркой Beeline от 06.04.2021 г.

6. Качества докторанта как исследователя, приобретенный опыт методов научных исследований. В результате выполнения диссертационной работы докторант показал себя как ответственный и честный исследователь, качество работы которого значительно повысилось. Приобретенный опыт постановки задач для научного исследования, позволит докторанту в будущем проводить научные исследования на более высоком уровне.

7. Заключение. Диссертационная работа Туржановой Карины Муратовны представляет законченную научно-исследовательскую работу, выполненную автором самостоятельно и отвечает требованиям ККСОН МОН РК, предъявляемым к диссертациям на соискание степени доктора философии (PhD). В результате докторант внес существенный вклад, предложив к использованию разработанный многокритериальный метод

комплексной оценки эффективности функционирования сети мобильной связи 4G для оказания услуг NB IoT при различных сценариях развертывания в частотном спектре.

Учитывая актуальность и важность выполненной работы, а также личные качества докторанта, прошу диссертационный совет при НАО АУЭС принять к защите диссертационную работу докторанта «Исследование эффективности функционирования сети мобильной связи 4G при использовании узкополосной технологии NB-IoT для различных сценариев использования спектра», одобрить, а самому автору присвоить степень доктора философии PhD по специальности 6D071900 – «Радиотехника, электроника и телекоммуникации».

Зарубежный научный консультант
Профессор ВАК РФ, к.т.н,
Московский государственный
технический университет
им. Н. Э. Баумана,
Российская Федерация

Тихвинский Валерий Олегович

Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана
2-я Бауманская ул., д. 5, корп. 1, Москва, Российская Федерация, 105005.
Тел. +7 499 263 63 91
e-mail: bauman@bmstu.ru

Подпись В.О. Тихвинского заверяю:

