

## ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО РЕЦЕНЗЕНТА

на диссертацию Туржановой Карины Муратовны  
на тему «Исследование эффективности функционирования сети мобильной связи 4G при использовании узкополосной технологии NB-IoT для различных сценариев использования спектра», представленную на соискание степени доктора философии (PhD) по специальности 6D071900 – «Радиотехника, электроника и телекоммуникации»

№ п/п	Критерии	Соответствие критериям (необходимо отметить один из вариантов ответа)	Обоснование позиции официального рецензента
1.	Тема диссертации (на дату ее утверждения) соответствует направлениям развития науки и/или государственным программам	<p>1.1 Соответствие приоритетным направлениям развития науки или государственным программам:</p> <p>1) Диссертация выполнена в рамках проекта или целевой программы, финансируемого(ой) из государственного бюджета (указать название и номер проекта или программы)</p> <p>2) Диссертация выполнена в рамках другой государственной программы (указать название программы)</p> <p>3) Диссертация соответствует приоритетному направлению развития науки, утвержденному Высшей научно-технической комиссией при Правительстве Республики Казахстан (указать направление)</p>	<p>Представленная диссертация и результаты, полученные в рамках ее выполнения, соответствуют приоритетному направлению развития науки «Информационные, телекоммуникационные и космические технологии», утвержденному Высшей научно-технической комиссией при Правительстве Республики Казахстан.</p> <p>Тема диссертации и задачи, решаемые в рамках проведенного исследования, направлены на реализацию государственной программы – «Цифровой Казахстан» (12.12.2017), направление программы – «Умные» города.</p>
2.	Важность для науки	Работа вносит/не вносит существенный вклад в науку, а ее важность хорошо раскрыта/не раскрыта	<p>Результаты диссертации, а именно, разработанный метод комплексной оценки эффективности сетей NB-IoT, а также предложенная методика проведения экспериментальных исследований с учетом местных условий планирования сетей связи вносят существенный вклад в науку.</p> <p>Метод, предназначенный для сравнения эффективности трех сценариев NB-IoT, является новым научным решением, важность которого хорошо раскрыта в работе и в изданных публикациях, индексируемых в БД Scopus.</p>
3.	Принцип самостоятельности	<p>Уровень самостоятельности:</p> <p>1) Высокий;</p> <p>2) Средний;</p> <p>3) Низкий;</p> <p>4) Самостоятельности нет</p>	Уровень самостоятельности работы оценивается как высокий. Чувствуется, что работа писалась последовательно одним автором.
4.	Принцип внутреннего единства	<p>4.1 Обоснование актуальности диссертации:</p> <p>1) Обоснована;</p> <p>2) Частично обоснована;</p> <p>3) Не обоснована.</p>	Актуальность диссертации представлена в разделе «Введение». Все позиции в разделе актуальность ясны и понятны. Актуальность обоснована. Востребованность исследований узкополосных сетей IoT очевидна, поскольку позволит

		мобильным операторам наиболее оптимально использовать ограниченный частотный ресурс и заблаговременно спрогнозировать влияние NB-IoT на основные показатели сети.
	4.2 Содержание диссертации отражает тему диссертации: 1) Отражает; 2) Частично отражает; 3) Не отражает	Содержание диссертации отражает тему диссертации. В работе раскрыта актуальность исследования, сформулированы цели и задачи, выдвинута научная гипотеза, представлен аналитический обзор обзор существующих методов и способов оценки эффективности сетей NB-IoT, присутствует теоретическое решение, а также проведены экспериментальные исследования с дальнейшими выводами по работе.
	4.3. Цель и задачи соответствуют теме диссертации: 1) соответствуют; 2) частично соответствуют; 3) не соответствуют	Цель и задачи, сформулированные во Введении, соответствуют теме диссертации и проведенным исследованиям.
	4.4 Все разделы и положения диссертации логически взаимосвязаны: 1) полностью взаимосвязаны; 2) взаимосвязь частичная; 3) взаимосвязь отсутствует	Диссертация выстроена в строгой логической последовательности, позволяющей достичь поставленной цели. Первая глава содержит подробный аналитический обзор существующих способов и подходов к оценке эффективности сетей. Вторая глава посвящена разработке метода для сравнительной оценки эффективности развертывания трех сценариев NB-IoT. В третьей главе приведены результаты экспериментальных исследований, а также выполнен расчет эффективности функционирования сетей с использованием трех сценариев NB-IoT, на основании которого приводятся практические рекомендации по выбору верного сценария NB-IoT в зависимости от требований. Имеются все обязательные разделы, и выводы по каждой главе в отдельности.
	4.5 Предложенные автором новые решения (принципы, методы) аргументированы и оценены по сравнению с известными решениями: 1) критический анализ есть; 2) анализ частичный; 3) анализ представляет собой не собственные мнения, а цитаты других авторов	Каждый аналог, рассмотренный в обзорной главе, был проанализирован на выявление достоинств и недостатков. Для устранения известных недостатков была предложена новая схема оценки эффективности сетей с технологией NB-IoT в зависимости от сценария использования РЧС.

5.	Принцип научной новизны	<p>5.1 Научные результаты и положения являются новыми?</p> <p>1) полностью новые;</p> <p>2) частично новые (новыми являются 25-75%);</p> <p>3) не новые (новыми являются менее 25%)</p>	<p>Научные результаты и положения являются полностью новыми, а именно:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- разработан новый многокритериальный метод оценки эффективности функционирования сетей, позволяющий впервые наиболее точно провести сравнительную оценку сценариев развертывания технологии NB-IoT на сети 4G с целью выявления наиболее предпочтительного.</li> </ul> <p>Метод задействует уникальный набор факторных групп, впервые полно систематизированных, и включающих в себя сетевые показатели и параметры.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Получены экспериментально подтвержденные результаты, подтверждающие обоснованность применения определенных сетевых показателей и параметров;</li> <li>- проведена сравнительная оценка сценариев NB-IoT;</li> <li>- разработаны практические рекомендации по выбору наиболее предпочтительного сценария NB-IoT;</li> <li>- новизна предложенного метода подтверждается полученным патентом.</li> </ul>
		<p>5.2 Выводы диссертации являются новыми?</p> <p>1) полностью новые;</p> <p>2) частично новые (новыми являются 25-75%);</p> <p>3) не новые (новыми являются менее 25%)</p>	<p>Работа содержит полностью новые выводы, которые основываются на теоретических и экспериментальных исследованиях, в т.ч. моделировании, выполненных с помощью профессионального программного обеспечения Forsk Atol, и физического эксперимента на тестовом кластере 4G. Результаты исследования показывают высокую сходимость, что позволяет сделать вывод о достоверности выносимых положений.</p>
		<p>5.3 Технические, технологические, экономические или управленческие решения являются новыми и обоснованными:</p> <p>1) полностью новые;</p> <p>2) частично новые (новыми являются 25-75%);</p> <p>3) не новые (новыми являются менее 25%)</p>	<p>Технические решения являются полностью новыми, что подтверждается полученным патентом. Результаты применительны к сетям NB-IoT и рекомендуются для включения в техническую стратегию мобильных операторов в качестве метода по выбору наиболее предпочтительного для эксплуатации варианта развертывания NB-IoT.</p>

6.	Обоснованность основных выводов	Все основные выводы <b>основаны/не основаны</b> на весомых с научной точки зрения доказательствах либо достаточно хорошо обоснованы (для qualitative research и направлений подготовки по искусству и гуманитарным наукам)	Все основные выводы данной диссертационной работы достаточно обоснованы с научной точки зрения, и опираются на результаты проведенных исследований. Максимальная погрешность при сравнении результатов моделирования и эксперимента составила не более 7,9%.
7.	Основные положения, выносимые на защиту	<p>Необходимо ответить на следующие вопросы по каждому положению в отдельности:</p> <p>7.1 Доказано ли положение?  <b>1) доказано;</b>  <b>2) скорее доказано;</b>  <b>3) скорее не доказано;</b>  <b>4) не доказано</b></p> <p>7.2 Является ли тривиальным?  <b>1) да;</b>  <b>2) нет</b></p> <p>7.3 Является ли новым?  <b>1) да;</b>  <b>2) нет</b></p> <p>7.4 Уровень для применения:  <b>1) узкий;</b>  <b>2) средний;</b>  <b>3) широкий</b></p> <p>7.5 Доказано ли в статье?  <b>1) да;</b>  <b>2) нет</b></p>	<p>7.1 Положения, выносимые в диссертации, обстоятельны и доказаны. В частности, разработан новый метод оценки эффективности сетей NB-IoT, проведены экспериментальные и теоретические исследования, которые легли в основу предложенного способа оценки. Положение 1 доказано в ходе Главы 2, а также защищается охранным документом Республики Казахстан. Положение 2 доказано результатами экспериментальных исследований и моделирования, и представлено в главе 3. Положение 3 доказано главой 3. Все выводы направлены исключительно на доказательство этого положения.</p> <p>7.2 Элементы тривиальности в данной диссертационной работе отсутствуют. Все найденные закономерности и особенности изученных процессов рассматривались не упрощенно, а с позиции современных знаний в области телекоммуникаций.</p> <p>7.3 Положения являются новыми.</p> <p>7.4 Уровень применения результатов можно оценить как узкий, в виду того, что технология NB-IoT не единственно известная технология, применяемая для предоставления услуги Интрнета вещей, но наиболее востребованная.</p> <p>7.5 Основные результаты диссертации представлены в 9 работах. В их числе две статьи, опубликованные в журналах, индексируемых в базе Scopus с процентилем на момент публикации 51% и 42%.</p>
8.	Принцип достоверности. Достоверность источников и предоставляемой	<p>8.1 Выбор методологии - обоснован или методология достаточно подробно описана  <b>1) да;</b>  <b>2) нет</b></p>	<p>Методология, используемая в диссертации, подробно раскрыта, соответствует требованиям и включает использование современных компьютерных технологий.</p>

	информации	8.2 Результаты диссертационной работы получены с использованием современных методов научных исследований и методик обработки и интерпретации данных с применением компьютерных технологий: 1) да; 2) нет	В диссертации, в частности в разделе 3 «Метод исследования эффективности функционирования сетей мобильной связи 4G при оказании услуг Интернета для выбора сценария использования радиочастотного спектра» представлены результаты имитационного моделирования процессов функционирования сети NB-IoT, что требует достаточно высокого уровня знаний компьютерных программ.
		8.3 Теоретические выводы, модели, выявленные взаимосвязи и закономерности доказаны и подтверждены экспериментальным исследованием (для направлений подготовки по педагогическим наукам результаты доказаны на основе педагогического эксперимента): 1) да; 2) нет	Теоретические выводы, модели, выявленные взаимосвязи и закономерности доказаны и подтверждены экспериментальным исследованием. Для проведения эксперимента был выбран тестовый кластер, состоящий из шести 4G базовых станций, готовых к запуску технологии NB-IoT.
		8.4 Важные утверждения подтверждены/частично подтверждены/не подтверждены ссылками на актуальную и достоверную научную литературу	Наиболее важные утверждения диссертационной работы подтверждены соответствующими ссылками на научную литературу, в том числе, собственные труды диссертанта подтверждают сделанные заключения.
		8.5 Используемые источники литературы достаточны/не достаточны для литературного обзора	Список литературных источников состоит из 91 научных и статистических источников, которых достаточно для проведения аналитического литературного обзора по теме диссертации.
		9	Принцип практической ценности
		9.2 Диссертация имеет практическое значение и существует высокая вероятность применения полученных результатов на практике: 1) да; 2) нет	Результаты диссертации имеют практическое значение, которое доказано внедрением результатов исследований в производственный процесс двух казахстанских компаний.
		9.3 Предложения для практики являются новыми? 1) полностью новые; 2) частично новые (новыми являются 25-75%); 3) не новые (новыми являются менее 25%)	Предложенный метод и модель оценки являются полностью новыми, так как используется новый подход, заключающийся в комплексной оценке эффективности сетей путем работы с факторными группами и наборами сетевых показателей. Кроме того, за новые результаты отвечает применение современного профессионального программного обеспечения для моделирования

			работы сети.
10.	Качество написания и оформления	Качество академического письма: 1) высокое; 2) среднее; 3) ниже среднего; 4) низкое.	Диссертация написана грамотным научно-техническим языком. Структура работы отвечает поставленным задачам исследования. Встречаются незначительные недочеты, рекомендуемые к исправлению для улучшения восприятия неподготовленными специалистами.

При проверке работы были выявлены следующие замечания, исправив или прокомментировав которые, автор существенно улучшит форму и содержание диссертационной работы:

1. Обнаружены грамматические опечатки по тексту.
2. Присутствует переизбыток информации в аналитическом обзоре сетей LPWAN. Рекомендуются приводить только основные положения, и сосредоточиться на технологии узкополосного IoT.
3. В тексте часто встречаются повторения уже ранее сделанных выводов.
4. Практическая востребованность результатов диссертации неоспорима, но излагаемый материал можно было преподнести на более высоком уровне.

#### Заключение:

Представленные выше замечания не снижают научной и практической значимости диссертационной работы, достоинства которой очевидны. Диссертация имеет большой прикладной потенциал, выполнена на высоком научно-методическом уровне. Считаю, что по содержанию представленного материала, его анализу и объему, диссертационная работа Туржановой К.М. на тему «Исследование эффективности функционирования сети мобильной связи 4G при использовании узкополосной технологии NB-IoT для различных сценариев использования спектра» соответствует требованиям, предъявляемым к диссертационным работам на соискание степени доктора философии (PhD), а ее автор Туржанова К.М. заслуживает ходатайства перед Комитетом по обеспечению качества в сфере образования и науки МОН РК для присуждения степени доктора философии (PhD) по специальности 6D071900 - «Радиотехника, электроника и телекоммуникации».

#### Официальный рецензент:

д.т.н., профессор  
«Академия гражданской авиации»  
г.Алматы, Республика Казахстан



Кошеков К.Т.