

## **ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА**

на диссертационную работу Власкиной Анастасии Сергеевны «Модели с эластичным трафиком и сигналами для анализа и расчёта показателей эффективности нарезки сетевых ресурсов», представленную к защите в ПДС 0200.006 на базе Российского университета дружбы народов имени Патриса Лумумбы на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.2.3 «Теоретическая информатика, кибернетика»

### **Актуальность темы диссертационной работы**

Актуальность использования технологии нарезки сети связана с ростом числа подключаемых устройств и объема передаваемых данных в беспроводных сетях пятого и последующих поколений. Технология позволяет управлять выделением ресурсов для разных типов трафика и обеспечивать лучшее качество обслуживания пользователей для каждого из них. В диссертационной работе Власкиной А.С. учитывается динамическое перераспределение ресурса в зависимости от изменяющихся требований пользователей, что позволяет гибко настраивать пропускную способность сегментов сети.

Применяемая в диссертационной работе управляемая система массового обслуживания (УСМО) является эффективным инструментом для моделирования и последующей оценки различных показателей качества и оптимизации обслуживания пользователей при нарезке сети. Использование УСМО позволило определить новый объем ресурсов для каждого из сегментов сети, необходимый для текущего числа пользователей.

Ввиду вышеизложенного, считаю, что тема диссертационной работы Власкиной Анастасии Сергеевны «Модели с эластичным трафиком и сигналами для анализа и расчёта показателей эффективности нарезки сетевых

ресурсов» является актуальной и полностью соответствует специальности 1.2.3 «Теоретическая информатика, кибернетика».

### **Характеристика содержания диссертационной работы**

Диссертационная работа Власкиной А.С. состоит из введения, трех глав, включающих по пять параграфов, заключения, списка основных обозначений и списка использованной литературы.

Во введении описываются основные проблемы, связанные с использованием технологии нарезки сети, а также обосновывается важность разработки эффективных моделей оптимизации обслуживания пользователей беспроводной сети в условиях ограниченных ресурсов. Формулируется цель диссертационной работы – построение моделей распределения ресурсов для расчета характеристик обслуживания пользователей, а также задачи, необходимые для ее достижения.

Первая глава содержит обзор литературы по теме диссертационного исследования. Также в ней рассмотрены существующие механизмы динамической нарезки ресурсов, построены базовые модели решаемых задач в виде систем массового обслуживания, представлено применение аппарата УСМО на примере моделирования доступа к ресурсам трафика двух классов. Приводятся основные результаты относительно построенных моделей.

Вторая глава описывает разработку и анализ системы массового обслуживания с двумя типами входящего трафика, двумя порогами на длину очереди и ограничениями на время ожидания начала обслуживания. При этом матрица интенсивностей переходов представлена в блочном трехдиагональном виде. Доказана лемма 2.1, в которой представлен вид стационарного распределения модели. Для определения подходящих значений частоты внешних сигналов контроллера приведены формулы для расчета показателей качества обслуживания, такие как вероятность перераспределения ресурса по сигналу и вероятность блокировки.



Третья глава содержит построение УСМО для решения задачи выбора объема выделяемых ресурсов для каждого типа трафика. В рамках этой главы описывается функционирование системы, формулируется множество допустимых стратегий выбора нового объема ресурсов, определяются функции вознаграждения и среднего вознаграждения. Применение итерационного алгоритма с фиксированной начальной стратегией позволяет достичь оптимального решения задачи. Сформулированы критерии выбора частоты поступления внешних сигналов, проводится анализ результатов.

Результаты работы приведены в заключении, где делаются выводы о применимости УСМО для решения задач оптимизации пропускной способности сети при использовании технологии нарезки сети.

### **Достоверность и новизна результатов диссертации**

Достоверность основных результатов диссертационной работы подтверждается корректным применением методов теории массового обслуживания, строгими математическими доказательствами основных положений, результатами вычислительных экспериментов.

В диссертационном исследовании были разработаны новые модели оптимизации распределения ресурсов при нарезке сети, которые учитывают такие факторы как внешние сигналы, по которым происходит изменение состояния системы с точки зрения ограничений на доступность ресурсов, планирование и управление ресурсами при определении стратегии выбора числа ресурсов для двух типов трафика, различные критерии распределения ресурсов – использование ресурсов, соответствие начальному распределению ресурсов, вероятность перераспределения ресурсов при поступлении внешнего сигнала.

В целом, результаты вычислительных экспериментов и математических доказательств подтверждают достоверность и новизну разработанных моделей.

## **Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации**

Сформулированные в диссертационной работе научные положения, выносимые на защиту, и выводы логично аргументированы и обоснованы. Методы математического анализа адекватны цели, поставленным задачам и результатам работы. Все алгоритмы обоснованы и изложены в диссертационной работе.

## **Ценность для науки и практики результатов работы**

Результаты и выводы диссертационного исследования имеют существенное теоретическое и практическое значение для развития беспроводных сетей следующего поколения.

Предлагаемые в диссертационном исследовании математические модели массового обслуживания могут быть использованы для оптимизации работы систем в различных сферах, таких как производство, транспорт и телекоммуникации. В частности, они могут быть применены для прогнозирования нагрузки на сеть передачи данных, что позволит повысить эффективность и надежность сети.

Результаты исследования могут быть использованы для создания новых алгоритмов эффективного использования ресурсов мобильных виртуальных операторов, а также для оценки их производительности. В частности, в условиях ограниченности радиоресурсов они могут быть применены для обеспечения высокой пропускной способности сети, учитывая соответствие соглашению об уровне обслуживания и долю результативных сигналов при динамическом перераспределении ресурсов.

## **Подтверждение опубликования основных результатов диссертации в научной печати**

Результаты диссертационной работы полно представлены в 10 научных трудах, из них 5 статей в журналах, индексируемых в международных базах



цитирования Web of Science/Scopus, 1 статья в журнале, рекомендованном ВАК, 2 свидетельства программы для ЭВМ.

Материалы исследования представлены в виде докладов на всероссийских и международных конференциях и семинарах, отражены в отчетах по грантам Министерства науки и высшего образования РФ, РФФИ и научному проекту РУДН.

### **Соответствие содержания автореферата основным положениям диссертации**

Автореферат диссертационной работы правильно и полно отражает основное содержание диссертационной работы и оформлен согласно требованиям.

### **Замечания по диссертационной работе**

Диссертационная работа представляет собой хорошо оформленную и логично структурированную работу. Однако, по содержанию диссертационной работы имеются следующие замечания.

1. На с. 34 приводится следующее утверждение: «Из рис. 1.15 следует, что число пользователей в очередях в модели с динамической нарезкой ресурсов будет стремиться к балансу благодаря использованию нарезки». Из контекста не понятно, что подразумевается под балансом для числа пользователей в очередях, а на рис. 1.15, на мой взгляд, не очень хорошо видно стремление этого показателя к некоему балансу.
2. В доказательстве Утверждения 1.4 (с. 40) сказано, что критерием оптимизации является сокращение среднего числа запросов (видимо, присутствующих в системе в стационарном режиме – это не указано в работе), однако ранее на с. 37 при постановке задачи критерий сформулирован как «минимизация стоимости обслуживания и (времени) ожидания начала обслуживания». Эквивалентность этих критериев требует строгого доказательства, которое в работе не приводится. Но если, всё же, выбран критерий, указанный на с. 37, то,

на мой взгляд, Утверждение 1.4 и его доказательство не имеют смысла, так как функция вознаграждения (1.8) получается «по определению», то есть просто является математической записью данного критерия.

3. В утверждении 2.1 главы 2 представлена матрица интенсивностей переходов случайного процесса в блочном трехдиагональном виде. Блоки матрицы заданы соотношениями, исходя из особенностей функционирования системы. Однако, следовало бы привести их явный вид.
4. В диссертации имеются незначительные опечатки, не влияющие на общий смысл написанного. Используются немного «вольные» формулировки, например: «при увеличении поступающих потоков» на с. 67 (видимо, имеется в виду увеличение интенсивности поступающих потоков). В формулировках утверждений и лемм, касающихся функций вознаграждения и других результатов, не указано, для какого критерия оптимальности и каких ограничений на систему сформулировано соответствующее утверждение.

Указанные недостатки не снижают уровня научной новизны, теоретической и практической значимости, общей положительной оценки выполнения диссертационной работы.

### **Заключение**

Диссертационное исследование Власкиной Анастасии Сергеевны на тему «Модели с эластичным трафиком и сигналами для анализа и расчёта показателей эффективности нарезки сетевых ресурсов» является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится новое решение научной задачи управления трафиком динамической нарезки радиоресурсов, имеющей важное значение для создания беспроводных сетей связи пятого и последующих поколений.

Работа соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, согласно



п.2.2 раздела II Положения о присуждении ученых степеней в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы», утвержденного Ученым советом РУДН протокол № 12 от 23.09.2019 г., а её автор, Власкина Анастасия Сергеевна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.2.3 «Теоретическая информатика, кибернетика».

**Официальный оппонент**, доктор физико-математических наук (05.13.18 – математическое моделирование, численные методы и комплексы программ), заведующий кафедрой программной инженерии федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет», доцент

26 октября 2023 г.



Моисеев Александр Николаевич

Подпись Моисеева А.Н. заверяю

Ученый секретарь Ученого совета ТГУ

«26» октября 2023 г.



/ Н.А. Сазонтова

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет»,  
Адрес: 634050, Российская Федерация, г. Томск, пр. Ленина, 36.  
Тел.: (3822) 529-585  
Факс: +7 (3822) 529-585  
E-mail: [rector@tsu.ru](mailto:rector@tsu.ru)  
Страница в интернете: <http://www.tsu.ru>