

## ОТЗЫВ

**официального оппонента на диссертацию Станкевич Елены Петровны «Математическое моделирование сетей массового обслуживания с групповыми переходами требований и распределением потоков», представленную к защите на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ**

### *Актуальность избранной темы.*

Значительная часть известных результатов теории сетей массового обслуживания получена для случая одиночных переходов требований между узлами сети. Но такие модели не учитывают особенность ряда реальных систем с сетевой структурой, например, телекоммуникационных, транспортных, торговых или производственных сетей, заключающуюся в переходах объектов обслуживания группами случайного размера. При этом целенаправленное распределение потоков в таких сетях массового обслуживания позволяет значительно повышать качество их функционирования. Таким образом, диссертационная работа Е. П. Станкевич, посвященная разработке математических моделей сетей массового обслуживания с групповыми переходами требований, методов распределения потоков в таких сетях и методов анализа сетей с групповыми переходами требований с распределением и без распределения потоков является актуальным научным исследованием в современной теории сетей массового обслуживания.

### *Содержание работы.*

Диссертация состоит из введения, четырех глав и заключения.

В первой главе приведен обзор основных опубликованных в периодической печати результатов по теории сетей массового обслуживания с групповыми переходами требований. Особое внимание в данном разделе уделено методам анализа сетей массового обслуживания с групповыми переходами требований.

Во второй главе предложены математические модели и методы анализа замкнутых неоднородных сетей массового обслуживания с групповыми переходами требований и без распределения потоков. Наиболее важными результатами являются теоремы 2.2 и 2.3 о стационарных распределениях сетей обслуживания этого класса. Приведены также методы анализа замкнутых сетей массового обслуживания с групповыми переходами требований одного класса.

В третьей главе предложены математические модели замкнутых однородных сетей массового обслуживания с групповыми переходами требований и

распределением потоков посредством: изменения маршрутизации групп требований между узлами и кластерами, изменения вероятностей завершения обслуживания требований в зависимости от состояния кластеров, блокировок переходов и изменения интенсивностей обслуживания в узлах сети. Целью распределения потоков, основанного на изменении маршрутизации групп требований, является такое распределение требований по узлам сети, которое обеспечивает наилучшее приближение математических ожиданий числа требований в узлах сети к заданным значениям. Распределение потоков в сетях с групповыми переходами требований за счет изменения вероятностей завершения обслуживания в других кластерах сети обеспечивает пребывание в некотором кластере числа требований, не превосходящего порогового значения. Распределение потоков посредством изменения маршрутизации требований между кластерами способствует достижению в процессе эволюции сети наибольшей близости к требуемому значению математического ожидания числа требований, пребывающих в каждом кластере. Распределение потоков посредством блокировок переходов групп требований обеспечивает пребывание сети в таких состояниях, в которых число требований в каждом узле не превышает заданного для этого узла значения. Целью распределения потоков посредством изменения интенсивностей обслуживания требований в узлах сети обслуживания с групповыми переходами требований является достижение наилучшего приближения математических ожиданий числа требований в узлах сети к заданному распределению требований по узлам. Для сетей массового обслуживания с групповыми переходами требований и предложенными методами распределения потоков разработаны соответствующие методы анализа, позволяющие вычислять значения стационарных вероятностей состояний сети (Теоремы 3.1, 3.3, 3.4, 3.6).

В четвертой главе приведены результаты исследования эффективности предложенных в третьей главе методов распределения потоков, полученные с помощью разработанных численных алгоритмов, реализующих методы нахождения стационарных характеристик сетей этого класса.

В заключении перечисляются и оцениваются основные результаты диссертационной работы.

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

Все научные положения и выводы, сформулированные в диссертации, строго обоснованы, и их достоверность подтверждается математически корректными выводами формул, доказательствами теорем, а также согласованностью с результатами, известными в теории массового обслуживания, и результатами, полученными путем численного анализа.

*Научная новизна и практическая значимость результатов работы.*

Диссертация содержит новые научные результаты, развивающие теорию сетей массового обслуживания с групповыми переходами требований и распределением потоков, и расширяющие область эффективного практического применения теории массового обслуживания. Предложенные в диссертации модификации методов распределения потоков для сетей массового обслуживания с одиночными переходами требований позволяют проводить анализ сетей массового обслуживания с групповыми переходами требований и распределением потоков. Предложенные методы, а также полученные с их помощью формулы для расчета вероятностных характеристик функционирования моделей сетей массового обслуживания с групповыми переходами требований и распределением потоков позволяют производить анализ характеристик и расчеты параметров проектирования реальных систем с сетевой структурой, соответствующих указанным математическим моделям, а разработанный автором комплекс программ и алгоритмов при этом может быть использован для выполнения таких расчетов.

*Замечания по диссертационной работе.*

1. Вне рамок диссертационного исследования остался вопрос об оптимальной длительности нормального такта функционирования сети с распределением потоков посредством изменения маршрутизации групп требований.

2. Целесообразно было бы сравнить результаты оптимизации длительности фаз светофоров на каком-либо типичном (гипотетическом) транспортном перекрестке, получаемые с помощью разработанных методов (с. 62 диссертации), с результатами имитационного моделирования этого перекрестка.

3. Несмотря на то, что выводы по главам неявно содержатся в следующих за этими главами разделах, отсутствие традиционно оформленных выводов в конце глав создаёт некоторые неудобства при оценке уровня диссертации.

*Общее заключение.*

Представленные в диссертации научные результаты являются новыми и достаточно полно отражены в тринадцати работах, опубликованных по теме диссертации. Автореферат соответствует содержанию диссертационной работы. Диссертация представляет собой законченное научное исследование, выполненное на современном научном уровне. Результаты диссертационной работы представляют вклад в развитие теории сетей массового обслуживания и могут быть использованы при построении и анализе математических моделей сложных дискретных стохастических систем с управлением.

На основании вышесказанного считаю, что диссертация Станкевич Елены Петровны «Математическое моделирование сетей массового обслуживания с



групповыми переходами требований и распределением потоков» полностью соответствует критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 и удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ, а сама Станкевич Елена Петровна заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата физико-математических наук.

Официальный оппонент  
профессор кафедры «Математические методы  
и информационные технологии в экономике»  
федерального государственного бюджетного  
образовательного учреждения высшего образования  
«Омский государственный технический университет»  
(644050, г. Омск, пр-т Мира, 11;  
8(3812) 65-34-07; info@omgtu.ru; https://omgtu.ru)  
доктор технических наук  
(05.13.18 – Математическое моделирование,  
численные методы и комплексы программ), доцент  
по кафедре автоматизированных систем управления

Владимир Николаевич Задорожный

23.05.2019

Подпись Задорожного Владимира Николаевича удостоверяю,  
Ученый секретарь ученого совета ОмГТУ



Немцова Анна Федоровна