

УТВЕРЖДАЮ

Врио ректора ФГБОУ ВО

«Воронежский государственный
технический университет»,

доктор технических наук, профессор


И.Г. Дроздов

09 _____ 2020 г.



ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

о диссертационной работе Конкиной Александры Сергеевны

«Аналитическое и численное исследование гидродинамических моделей с многоточечным начально-конечным условием», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ

Актуальность темы. В середине прошлого века появились первые работы, в которых транспортный поток исследовался на основе гидродинамических моделей: в работах М. Лайтхилла и Дж. Уизема, П. Ричардса рассмотрены макроскопические модели, в которых транспортный поток уподобляется потоку «мотивированной» сжимаемой жидкости; в работах А. Рёшеля, Л. Пайпс и др. предложены микроскопические модели (следования за лидером), в которых явно выписывается уравнение движения каждого автомобиля. В последующие годы класс микро- и макромоделей был расширен. В современном макроскопическом подходе, например в работах А. Эйва и М. Раскла, Х. Пэйна, Р. Кюне, Б. Кернера и П. Конхойзера, транспортный поток часто описывается нелинейной системой гиперболических уравнений (для плотности и скорости потока) с диффузией.

Несмотря на то, что с момента появления первых фундаментальных работ прошло более полувека, по мнению ряда известных специалистов в области математического моделирования дорожного движения, таких как К. Нагель, Х. Махмасани, М. Шрекенберг, многие вопросы требуют дальнейшего изучения. Например, проблема образования предзаторных и заторных ситуаций еще до конца не изучена. Отметим, что разные коллективы, занимающиеся моделированием транспортных потоков, как правило, используют разные модели: начиная от модели Лайтхилла – Уизема (А.Б. Куржанский и др.), заканчивая моделями, в которых каждый водитель описывается своим вариационным принципом (И.А. Лубашевский и др.).

Из-за сильной неустойчивости решений уравнений (при достаточно больших плотностях), описывающих транспортные потоки, задача получения достоверного прогноза загрузки транспортной сети по имеющимся данным на час вперед сродни задаче получения достоверного прогноза погоды на неделю вперед. При этом вычислительные мощности современных высокопроизводительных кластеров позволяют просчитывать реальную ситуацию по мегаполису со значительным опережением реального времени. Но основной проблемой при моделировании транспортных потоков является не ограничение на вычислительные мощности (ресурсы памяти), а большая чувствительность описываемой реальной транспортной системы к особенностям математической модели, описываемым входным данным (характеристикам источников и стоков автомобилей), так как невозможно собрать достаточно полную информацию о входных данных.

Именно поэтому моделирование транспортного потока на основе гидродинамической модели с многоточечным начально-конечным условием, аналитическое и численное исследование этой модели, проведенное в диссертационной работе А.С. Конкиной, являются актуальными. Кроме того, полученные абстрактные результаты позволили аналитически и численно исследовать и линейную модель Навье – Стокса с многоточечным начально-конечным условием.

Оценка содержания диссертации и ее завершенности в целом.

Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения, списка литературы и двух приложений. Объем диссертации составляет 118 страниц. Список литературы содержит 84 наименования. Главы и разделы диссертации представляют логические законченные части, объединённые единым замыслом работы, подходом и методом исследования.

Во *введении* приводятся постановка задачи и исследуемые математические модели, ставятся цель и задачи исследования, обосновывается его актуальность, теоретическая и практическая значимость, новизна полученных результатов, дается характеристика степени разработанности проблемы и степени достоверности результатов, определяются методы исследования, представлена апробация результатов.

В *первой главе*, носящей пропедевтический характер, представлены определения, теоремы и вспомогательные утверждения, которые используются для получения основных результатов диссертации. Результаты изложены с приведением ссылок на цитируемые работы.

Во *второй главе* исследуется математическая модель перекрестка с введением многоточечного начально-конечного условия, учитывающее момент переключения сигналов светофора транспортного потока на перекресток. Доказываются результаты о разрешимости используемых в дальнейшем абстрактных задач с многоточечным начально-конечным условием для уравнений соболевского типа с относительно σ -ограниченными операторами. Проводится аналитическое и численное исследование математической модели транспортного потока населенного пункта. Описывается программа, реализующая численный метод, приводятся результаты вычислительного эксперимента.

В *третьей главе* аналитически и численно исследуется линейная модель Навье – Стокса с многоточечным начально-конечным условием, при этом использована разрешимость многоточечной начально-конечной задачи

для уравнений соболевского типа с относительно p -секториальными операторами.

В *заключении* обобщаются и рассматриваются итоги выполненного исследования, перспективы дальнейших исследований в рамках проблематики диссертации.

Диссертация А.С. Конкиной имеет последовательную, логически законченную структуру и в целом воспринимается положительно. Автореферат соответствует содержанию диссертации.

Научная новизна исследования. Результаты диссертации, выносимые на защиту, являются новыми: разработан новый метод моделирования транспортного потока в системе перекрестков с учетом эффекта ретардации, свойственный вязкоупругим несжимаемым жидкостям. Доказана однозначная разрешимости для исследуемых в работе моделей – модели Осколкова на восьмирёберном геометрическом графе и линейной модели Навье – Стокса – с многоточечным начально-конечным условием в области. Разработаны алгоритмы численного исследования изучаемых вырожденных гидродинамических моделей с многоточечными начально-конечными условиями. Разработаны и зарегистрированы программы для ЭВМ, позволяющие проводить вычислительные эксперименты при исследовании вырожденных моделей с многоточечными начально-конечными условиями.

Степень обоснованности научных результатов и корректность выводов следует из математически обоснованных основных посылок и допущений, строгостью доказательств и изложения результатов, сделанных выводов вычислительными экспериментами на модельных примерах.

Полученные результаты своевременно опубликованы, апробированы на различных всероссийских и международных конференциях. По теме диссертации опубликовано 16 работ, в том числе 5 статей опубликованы в ведущих рецензируемых научных изданиях и журналах, рекомендованных ВАК РФ при Минобрнауки РФ, из них 4 работы Scopus и WoS, 1 статья Zentralblatt MATH.

Значимость для науки и практики выводов и рекомендаций диссертации. Полученные в работе теоретические результаты являются вкладом в развитие общей теории линейных моделей соболевского типа, теории многоточечных начально-конечных задач. Доказана однозначная разрешимость многоточечных начально-конечных задач для математических моделей Навье – Стокса и движения транспортного потока.

Практическая значимость работы заключается в применимости алгоритмов численных методов и комплексов программ для решения прикладных задач и исследования математических моделей, редуцируемых к многоточечной начально-конечной задаче для уравнения соболевского типа. Модель движения транспортного потока может быть использована для разработки и развития навигационных программ, организации работы транспортной сети на перекрестках. Разработанные алгоритмы численных решений рассматриваемых задач и реализованные в виде программных комплексов в вычислительной среде Maple, могут быть использованы в дальнейшем для исследования других вырожденных математических моделей.

Результаты диссертации, алгоритмы и программы представляют интерес для применения в исследованиях научных коллективов Московского физико-технического института (государственного университета), Башкирского, Югорского, Новгородского, Южно-Уральского государственных университетов, Воронежского государственного технического университета, Института математики и механики им. Н.Н. Красовского УрО РАН, Института математики им. С.Л. Соболева СО РАН, Института прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН.

В качестве **замечаний** отметим:

1. Гидродинамическая модель (модель класса аналогов) на основе уравнений Навье-Стокса для описания динамики транспортного потока в мегаполисах имеет существенный недостаток – это предположение о существовании в потоке автомобилей «вязкостного» трения. Необходимо

введение состояния равновесия – функциональной связи между скоростью и плотностью потока. Однако такое допущение «работает» на магистралях без пересечений. Поэтому непрерывные модели не вполне корректно описывают реальную ситуацию транспортной сети. Необходимо было в работе отметить, за счет чего, предлагаемая в диссертации математическая модель, преодолевает этот конфликт.

2. При реализации метода математического одним из его основных этапов является подтверждение адекватности математической модели либо экспериментально, либо в сравнении с другими подходами, основывающимися на иных принципах синтеза математической модели (например, стохастические модели). Считаю, что в тексте диссертации необходимо было уделить этому аспекту больше внимания.

3. В диссертации при описании численных методов для исследования математических моделей с многоточечными начально-конечными условиями необходимо было отразить имеющиеся результаты исследования сходимости и устойчивости предложенных численных методов.

4. В диссертации имеются стилистические ошибки и опечатки, например, на стр. 81, 88, 89, 98 и др.

Приведенные замечания не уменьшают значимости представленных научных результатов и не влияют на общую оценку диссертационной работы.

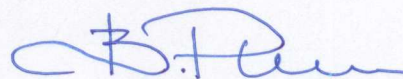
Общая оценка работы. Диссертационная работа А.С. Конкиной «Аналитическое и численное исследование гидродинамических моделей с многоточечным начально конечным условием» представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой содержится решение задачи, имеющей существенное значение для математического моделирования и численных методов. Полученные результаты соответствуют паспорту специальности 05.13.18 – математическое моделирование, численные методы и комплексы программ. Результаты диссертации являются новыми, строго обоснованы, получены автором

самостоятельно. Автореферат и публикации достаточно полно отражают содержание диссертации.

Диссертационная работа соответствует пп. 9-14 Положения о порядке присуждения ученых степеней ВАК при Министерстве науки и высшего образования РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Конкина Александра Сергеевна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Диссертация А.С. Конкиной обсуждена, а отзыв заслушан и одобрен на заседании кафедры прикладной математики и механики ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет» 28 августа 2020 г., протокол № 1.

Заведующий кафедрой прикладной математики и механики ВГТУ,
доктор технических наук, профессор
Ряжских Виктор Иванович



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный технический университет»

Адрес: 394006, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84

Телефон, факс: +7 (473) 207-22-20

e-mail: rectorat@vgasu.vrn.ru, rector@vorstu.ru

сайт: <https://cchgeu.ru/university>

Кафедра прикладной математики и механики

Тел: +7(473)-254-54-75, e-mail: tpm@vorstu.ru, kaf.prmath@yandex.ru

Подпись профессора Ряжских Виктора Ивановича завершено

Член секретариата Ученого совета ВГТУ

М.П. Труднев

