

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор ФГБОУ ВО  
«Воронежский государственный  
технический университет»  
доктор технических наук,



Дроздов И.Г.

19/01/24

2024 г.

### **ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ**

**Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования  
«Воронежский государственный технический университет»**

на диссертацию Супрунова Игоря Ивановича «Математические модели и алгоритмы последовательной обработки движущихся протяженных объектов на основе окрестностных систем», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.2.2. – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

#### **АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ ДИССЕРТАЦИИ ДЛЯ НАУКИ И ПРАКТИКИ**

Современные производственные процессы, как правило, характеризуется наличием большого количества распределенных в пространстве и времени составляющих узлов и стадий со сложной структурой связей между ними. При моделировании таких распределенных процессов возникает проблема выбора адекватной математической модели. Окрестностные модели, в которых технологические схемы процессов представляются с помощью оснащенных орграфов, с вершинами которых связаны переменные, окрестности вершин по связям (дугам) и операторы, позволяют адекватно описывать сложные распределенные процессы с помощью статических или динамических систем, заданных на орграфах. Для описания меняющихся во времени свойств объекта применяют динамические окрестностные модели, при этом в описанных ранее моделях перемещение объекта в пространстве или не происходит или не играет роли в рассматриваемой задаче и потому не отражается в модели. Перспективным направлением является расширение класса динамических окрестностных моделей для моделирования процессов, в которых необходимо

учитывать движения объекта в пространстве одновременно с изменением его свойств.

Таким образом, рассматриваемая в диссертационной работе Супрунова И.И. задача разработки и исследования математических моделей и алгоритмов последовательной обработки движущихся протяженных объектов с заданными целевыми параметрами выхода на основе методов окрестностного моделирования является актуальной.

### **НОВИЗНА ИССЛЕДОВАНИЯ И ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ, ВЫВОДОВ И РЕКОМЕНДАЦИЙ, СФОРМУЛИРОВАННЫХ В ДИССЕРТАЦИИ**

В результате проведенного диссертационного исследования автором получены основные результаты, отличающиеся научной новизной:

1. Введены классы динамических окрестностных моделей на основе использования переменных Лагранжа и Эйлера, что позволяет применять дискретные системы для описания процесса последовательной обработки движущихся протяженных объектов.

2. Разработаны алгоритмы и численные методы, отличающиеся использованием окрестностной модели Эйлера и позволяющие решать прямую и обратную задачи расчета изменения параметров протяженного объекта на пассивных этапах процесса обработки.

3. Разработан алгоритм расчета режимов работы последовательности однотипных управляющих устройств на активном этапе обработки, отличающийся возможностью учёта изменяющихся параметров объекта и позволяющий достигать заданных параметров выхода.

4. Предложены две модифицированные версии алгоритма последовательной обработки на активном этапе, отличающиеся возможностью учета ограничений на ресурсы управляющих устройств и позволяющие решать задачу равномерного расхода ресурсов.

Все перечисленные результаты, полученные в рамках диссертационного исследования, являются новыми и достоверными и соответствуют требованиям Положения ВАК РФ.

### **ЗНАЧИМОСТЬ ПОЛУЧЕННЫХ АВТОРОМ ДИССЕРТАЦИИ РЕЗУЛЬТАТОВ ДЛЯ НАУКИ И ПРОИЗВОДСТВА**

Теоретическая значимость результатов работы заключается в построении динамических окрестностных моделей поступательного движения и обработки пространственных объектов в переменных Лагранжа и Эйлера. Полученные результаты позволяют использовать построенные динамические окрестностные

модели и разработанные для них алгоритмы для описания процесса последовательной обработки движущихся протяженных объектов.

Практическая значимость результатов работы заключается в адаптации построенных моделей и разработанных алгоритмов для применения в задаче управления процессом принудительного охлаждения горячекатаной полосы устройствами ускоренного охлаждения и логистических задачах равномерного распределения поставок продукции.

Результаты работы рекомендованы для дальнейшего рассмотрения и использования предприятиями АО «Липецкцемент», СП «Хмелинецкий сахарный завод» АО «АПО «Аврора», ООО «ЛипецкНИЦстройпроект», ООО «Группа Компаний «ЛипецкПрофиль», ПАО «НЛМК». В ООО «ЛипецкНИЦстройпроект» подтверждено, что на основе разработанных моделей и алгоритмов можно улучшить некоторые стадии процесса перевозки дорожно-строительных материалов. В ООО «Группа Компаний «ЛипецкПрофиль» подтверждено, что разработанные алгоритмы и программные модули могут быть полезны при расчете управляющих воздействий на объекты с учетом заданных начальных значений параметров объекта и целевого выхода. В ПАО «НЛМК» подтверждено, что результаты диссертационной работы могут быть рекомендованы для дальнейшего рассмотрения и использования при анализе работы установки ускоренного охлаждения с целью получения технологически оптимального температурного профиля полосы на этапе смотки.

Полученные результаты диссертационного исследования используются в учебном процессе ФГБОУ ВО «Липецкий государственный технический университет» в рамках образовательной программы по направлению 01.03.03 «Механика и математическое моделирование» при выполнении индивидуальных заданий по дисциплинам «Математическое моделирование», «Применение компьютерных технологий в динамике систем тел», а также при подготовке выпускных квалификационных работ.

Тематика работы связана с научными направлениями ФГБОУ ВО «Липецкий государственный технический университет»: «Исследование и разработка методов и алгоритмов прикладной математики для идентификации технологических и сопровождающих процессов» и «Современные сложные системы управления».

Полученные в работе научные результаты обеспечивают теоретическую основу для математического моделирования сложных производственных процессов с использованием динамических окрестностных моделей и алгоритмов последовательной обработки движущихся протяженных объектов с заданными целевыми параметрами выхода.

В качестве возможных организаций для внедрения результатов диссертационного исследования можно указать предприятия, использующие принципы последовательной обработки в производственных задачах, а также компании, занимающиеся задачами логистики и перевозок.

В целом, работа перспективна для теоретического, практического и учебного использования.

## ЗАМЕЧАНИЯ ПО ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЕ

1. В первой главе на странице 19 во фразе «Результаты моделирования показывают, что окрестностные модели обеспечивают лучший результат по сравнению с классическими моделями ...» скорее всего, пропущено слово «билинейные», поскольку в параграфе обсуждаются билинейные окрестностные модели.

2. В первой главе на странице 29 написано «Рассматриваются построенные общие модели с дальнейшей адаптацией к задачам проката горячекатаной полосы и логистики». Скорее всего, имелось в виду «с дальнейшей адаптацией к задачам *принудительного охлаждения* горячекатаной полосы», поскольку именно эта задача рассматривается далее в приложениях.

3. Во второй главе в окрестностных моделях обработки рассматривается случай точечных воздействий, то есть узел обработки действует только на проходящий через него фрагмент объекта. Возможно, об этом следовало бы сказать в тексте параграфа.

4. Во второй главе в параграфе 2.2 следовало бы показать, что фазовые и динамические окрестностные структуры можно рассматривать как дискретные окрестностные аналоги понятий фазового и расширенного фазового пространств в теории непрерывных динамических систем.

5. В третьей главе алгоритм равномерного расходования ресурсов в задачах логистики в параграфе 3.5, по-видимому, следовало бы дополнить условием: максимальная или номинальная емкости каждого транспортного агента (загрузка агента в рамках решения задачи) меньше, либо равна суммарной мощности всех терминалов.

6. Целесообразно было привести в работе детализированную структуру разработанного программного комплекса, состоящего из 3 программных модулей, реализованного средствами пакета MATLAB и языка программирования Python.

Приведенные замечания не носят принципиального характера, не снижают ценности работы и не препятствуют следующему положительному заключению.

## ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА

На основании изучения материалов диссертации ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет» делает вывод, что диссертационная работа Супрунова Игоря Ивановича «Математические модели и алгоритмы последовательной обработки движущихся протяженных объектов на основе окрестностных систем» соответствует критериям, установленным «Положением о присуждении ученых степеней», а именно:

1) содержит решение научных задач, имеющих значение для развития теории математического моделирования, характеризуется научной новизной, теоретической и практической значимостью;

2) диссертация обладает внутренним единством и содержит новые научные результаты и положения, что свидетельствует о личном вкладе автора в науку;

3) основные научные результаты достаточно полно отражены в 15 публикациях, в том числе в 4 по Перечню изданий ВАК.

Автореферат правильно отражает содержание диссертации.

Супрунов Игорь Иванович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.2.2 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Настоящий отзыв заслушан, обсужден и одобрен на заседании кафедры автоматизированных и вычислительных систем ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет». Присутствовало 17 человек. Протокол № 10 от 5 марта 2024 г.

доктор технических наук, профессор,  
И.о. заведующего кафедрой  
автоматизированных и  
вычислительных систем ФГБОУ ВО  
«Воронежский государственный  
технический университет»



В.Ф. Барабанов

Барабанов Владимир Федорович  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный технический университет»  
Адрес: 394006, Воронежская область, г. Воронеж, улица 20-летия Октября, дом 84  
Контактная информация: тел.+7(473)271-59-05,  
+7(473)271-52-68, +7(473)207-22-20, доб.6219  
веб-сайт <https://cchgeu.ru>;  
e-mail: [rector@cchgeu.ru](mailto:rector@cchgeu.ru), [bvf@list.ru](mailto:bvf@list.ru)

