



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Московский государственный технический университет  
имени Н.Э. Баумана  
(национальный исследовательский университет)»  
(МГТУ им. Н.Э. Баумана)

ФАКУЛЬТЕТ \_\_\_\_\_ Информатика и системы управления \_\_\_\_\_

КАФЕДРА \_\_\_\_\_ Программное обеспечение ЭВМ и информационные технологии \_\_\_\_\_

**РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА**  
***К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ***  
***НА ТЕМУ:***

«Моделирование потоков транспортных систем с использованием моделей  
клеточных автоматов»

Студент ИУ7-81Б  
(Группа)

\_\_\_\_\_  
(Подпись, дата) А. Н. Жукова  
(И.О.Фамилия)

Руководитель ВКР

\_\_\_\_\_  
(Подпись, дата) М. С. Шаповалова  
(И.О.Фамилия)

Консультант

\_\_\_\_\_  
(Подпись, дата) \_\_\_\_\_  
(И.О.Фамилия)

Консультант

\_\_\_\_\_  
(Подпись, дата) \_\_\_\_\_  
(И.О.Фамилия)

Нормоконтролер

\_\_\_\_\_  
(Подпись, дата) \_\_\_\_\_  
(И.О.Фамилия)

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана  
(национальный исследовательский университет)»  
(МГТУ им. Н.Э. Баумана)**

---

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой ИУ7  
(Индекс)  
Рудаков И. В.  
(И.О.Фамилия)  
« 06 » 11 2019 г.

**ЗАДАНИЕ  
на выполнение выпускной квалификационной работы бакалавра**

Студент группы ИУ7-81

Жукова Анастасия Николаевна  
(фамилия, имя, отчество)

Тема квалификационной работы Моделирование потоков транспортных систем с использованием моделей клеточных автоматов

Источник тематики (НИР кафедры, заказ организаций и т.п.)

Инициативная тема

Тема квалификационной работы утверждена распоряжением по факультету ИУ № 03.0201-04.03/27 от « 13 » ноября 2019 г.

**Часть 1. Аналитический раздел**

В первой части работы необходимо провести анализ моделей транспортных потоков на основе клеточных автоматов. Выявить «узкие места» и рассмотреть особенности модификации алгоритма. Также для моделирования транспортных потоков необходимо проанализировать микроскопическую модель транспортных потоков. Выделение и обзор ключевых этапов решения задачи; рассмотрение основных алгоритмов для построения модели. Результатом этой части является формализованная постановка задачи и авторская модификация моделирования транспортных потоков.

**Часть 2. Конструкторский раздел**

При выполнении второй части необходимо описать предлагаемый метод, положенный в основу решения задачи, обосновать используемые структуры данных. Обосновать выбор

средств разработки. Также требуется описать структуру разрабатываемого программного обеспечения. В описании входит определение основных компонентов и их взаимосвязь, декомпозиция компонентов, построение структурных иерархий и проектирование компонентов.

### **Часть 3. Технологический раздел**

При выполнении третьей части работы необходимо реализовать разработанную модель в виде программы на Python. Задавая модель с помощью двумерной матрицы состояний объектов и дополнительных условий, выводить результат моделирования на экран. Также требуется провести тестирование и исследование разработанного программного обеспечения. Разработать контрольный пример для тестирования программы и руководство пользователя.

### **Оформление квалификационной работы:**

Расчетно-пояснительная записка на 50-70 листах формата А4.

Перечень графического (иллюстративного) материала (чертежи, плакаты, слайды и т.п.)

---

---

---

---

---

---

Дата выдачи задания « 10 » 09 2019 г.

В соответствии с учебным планом выпускную квалификационную работу выполнить в полном объеме в срок до « 25 » 05 2020 г.

Руководитель квалификационной работы \_\_\_\_\_ М. С. Шаповалова  
(Подпись, дата) (И.О.Фамилия)

Студент \_\_\_\_\_ А. Н. Жукова  
(Подпись, дата) (И.О.Фамилия)

### **Примечание:**

1. Задание оформляется в двух экземплярах: один выдается студенту, второй хранится на кафедре.

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана**  
**(национальный исследовательский университет)»**  
**(МГТУ им. Н.Э. Баумана)**

**ФАКУЛЬТЕТ** ИУ  
**КАФЕДРА** ИУ7  
**ГРУППА** ИУ7-81Б

**УТВЕРЖДАЮ**  
 Заведующий кафедрой ИУ7  
 (Индекс)  
Рудаков И. В.  
 (И.О.Фамилия)  
 « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г.

**КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН**  
**выполнения выпускной квалификационной работы**  
 студента: Жуковой Анастасии Николаевны  
 (фамилия, имя, отчество)

Тема квалификационной работы Моделирование потоков транспортных систем  
с использованием моделей клеточных автоматов

№ п/п	Наименование этапов выпускной квалификационной работы	Сроки выполнения этапов		Отметка о выполнении	
		план	факт	Должность	ФИО, подпись
1.	Задание на выполнение работы. Формулирование проблемы, цели и задач работы	24.10.2019 <i>Планируемая дата</i>	24.10.2019	Руководитель ВКР	
2.	1 часть Аналитический раздел	24.12.2019 <i>Планируемая дата</i>	24.12.2019	Руководитель ВКР	
3.	Утверждение окончательных формулировок решаемой проблемы, цели работы и перечня задач	24.12.2019 <i>Планируемая дата</i>	24.12.2019	Заведующий кафедрой	
4.	2 часть Конструкторский раздел	06.04.2020 <i>Планируемая дата</i>	06.04.2020	Руководитель ВКР	
5.	3,4 части Технологический и исследовательский разделы	18.05.2020 <i>Планируемая дата</i>	18.05.2020	Руководитель ВКР	
6.	1-я редакция работы	20.05.2020 <i>Планируемая дата</i>	20.05.2020	Руководитель ВКР	
7.	Подготовка доклада и презентации	20.05.2020 <i>Планируемая дата</i>	20.05.2020		
8.	Заключение руководителя	24.05.2020 <i>Планируемая дата</i>	24.05.2020	Руководитель ВКР	
9.	Допуск работы к защите на ГЭК (нормоконтроль)	27.05.2020 <i>Планируемая дата</i>	27.05.2020	Нормоконтролер	
10.	Внешняя рецензия	24.05.2020 <i>Планируемая дата</i>	24.05.2020		
11.	Защита работы на ГЭК	<i>Планируемая дата</i>			

## РЕФЕРАТ

Расчетно-пояснительная записка 72 с., 4 ч., 15 рис., 2 табл., 25 источников.

Объектом разработки является программное обеспечение, реализующее возможность моделирования транспортных потоков с использованием моделей клеточных автоматов.

Цель работы заключается в проектировании и реализации математической модели движения транспортных потоков с учетом перестройки на другие полосы, регулируемых перекрестков, а также недоступных участков дороги.

Задачи, решаемые в работе:

- Проведение анализа предметной области, выявление «узких мест», рассмотрение особенностей модификации алгоритма, описание предлагаемого метода, положенного в основу решения задачи;
- Описание и обоснование используемых структур данных;
- Обоснование выбора средств разработки и реализация разработанной модели в виде программы на Python;
- Проведение исследования разработанного программного обеспечения и разработка контрольного примера для тестирования программы и руководства пользователя.

В первой части работы проводится анализ предметной области и существующих решений, требующихся для решения задач. Во второй части приводятся используемые алгоритмы, а также структуры данных. В третьей части описываются средства реализации, входные и выходные значения и взаимодействие с программным обеспечением. В четвертой части проводится исследование применимости модель, а также зависимости плотности транспортных потоков от недоступных участков дорог.

Цель была достигнута, была спроектирована и реализована математическая модель движения транспортных потоков с учетом перестройки на другие полосы, регулируемых перекрестков, а также недоступных участков дороги.

Область применения разрабатываемой модели – транспортная инфраструктура, например, системы управления перевозок пассажиров.

Предлагаемые направления развития:

- Добавление возможности обгона на дорогах для приближения к реальным условиям и получения больших результатов исследования;
- Поддержка сложных развилок;
- Поддержка кругового движения.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	9
1. Аналитическая часть .....	11
1.1. Новизна и достоверность предложенных методов решения .....	11
1.2. Макроскопические модели.....	11
1.3. Микроскопические модели .....	12
1.3.1. Модель следования за лидером «Дженерал Моторс».....	13
1.3.2. Модель оптимальной скорости Ньюэлла .....	14
1.3.3. Модель Трайбера «разумного водителя» .....	16
1.3.4. Клеточные автоматы.....	17
1.3.5. Расширенная модель клеточных автоматов .....	19
1.4. Предлагаемая модель.....	20
1.4.1. Перекресток.....	21
1.5. Интенсивность и плотность автомобильного потока .....	23
1.6. Заключение.....	23
2.1. Описание моделирования транспортных потоков .....	25
2.2. Структуры данных .....	25
2.3. Алгоритмы передвижения машин.....	27
2.3.1. Общий алгоритм передвижения.....	27
2.3.2. Алгоритм простого передвижения.....	29
2.3.3. Алгоритм поиска дистанции до ближайшей преграды .....	32
2.3.4. Алгоритм передвижения на регулируемом перекрестке.....	33
2.3.5. Алгоритм смены полосы .....	34
2.3.6. Алгоритм «вежливых» водителей.....	36
2.3.7. Алгоритм поворотов .....	37
2.4. Заключение.....	39
3. Технологическая часть .....	41
3.1. Средства реализации.....	41
3.2. Компиляция программы .....	42
3.3. Форматы входных и выходных данных.....	42

3.4. Реализация алгоритмов передвижения .....	43
3.5. Руководство пользователя .....	59
3.6. Заключение .....	66
4. Экспериментальный раздел .....	67
4.1. Параметры движения автомобильного транспортного средства .....	67
4.2. Пропускная способность .....	67
4.3. Исследование качества результата работы ПО .....	68
4.4. Исследование зависимости плотности транспортного потока от количества и расположения недоступных участков дороги для двух- и трехполосных дорог .....	69
4.5. Заключение .....	71
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	72
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	73
ПРИЛОЖЕНИЕ А .....	76