



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

ФАКУЛЬТЕТ «Робототехника и комплексная автоматизация»

КАФЕДРА «Системы автоматизированного проектирования (РК-6)»

РАСЧЁТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

к выпускной квалификационной работе

на тему

«Разработка компонентов графоориентированного
программного каркаса для реализации сложных
вычислительных методов»

Студент РК6-81Б
 группа

подпись, дата

Тришин И.В.
 ФИО

Руководитель ВКР

подпись, дата

Соколов А.П.
 ФИО

Консультант

подпись, дата

Першин А.Ю.
 ФИО

Нормоконтролёр

подпись, дата

Грошев С.В.
 ФИО

Москва, 2021

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

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой РК-6
индекс

_____ А.П. Карпенко

« _____ » _____ 2021 г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

Студент группы: РК6-81Б

Тришин Илья Вадимович

(фамилия, имя, отчество)

Тема выпускной квалификационной работы: Разработка компонентов графоориентированного программного каркаса для реализации сложных вычислительных методов

Источник тематики (кафедра, предприятие, НИР): кафедра

Тема выпускной квалификационной работы утверждена распоряжением по факультету РК № _____ от « _____ » _____ 2021 г.

Техническое задание

Часть 1. Аналитический обзор литературы.

Более подробная формулировка задания. Следует сформировать, исходя из исходной постановки задачи, предоставленной руководителем изначально. Формулировка включает краткое перечисление подзадач, которые требовалось реализовать, включая, например: анализ существующих методов решения, выбор технологий разработки, обоснование актуальности тематики и др. Например: «В рамках аналитического обзора литературы должны быть изучены вычислительные методы, применяемые для решения

задач кластеризации больших массивов данных. Должна быть обоснована актуальность исследований.»

Часть 2. Математическая постановка задачи, разработка архитектуры программной реализации, программная реализация.

Более подробная формулировка задания. В зависимости от поставленной задачи: а) общая тема части может отличаться от работы к работе (например, может быть просто «Математическая постановка задачи» или «Архитектура программной реализации»), что определяется целесообразностью для конкретной работы; б) содержание задания должно несколько детальнее раскрывать заголовок. Например: «Должна быть создана математическая модель распространения вирусной инфекции и представлена в форме системы дифференциальных уравнений».

Часть 3. Проведение вычислительных экспериментов, тестирование.

Более подробная формулировка задания. Должна быть представлена некоторая конкретизация: какие вычислительные эксперименты требовалось реализовать, какие тесты требовалось провести для проверки работоспособности разработанных программных решений. Формулировка задания должна включать некоторую конкретику, например: какими средствами требовалось пользоваться для проведения расчетов и/или вычислительных экспериментов. Например: «Вычислительные эксперименты должны быть проведены с использованием разработанного в рамках ВКР программного обеспечения».

Оформление выпускной квалификационной работы:

Расчетно-пояснительная записка на 25 листах формата А4.

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

количество: 0 рис., 0 табл., 8 источн.
[здесь следует ввести количество чертежей, плакатов]

Дата выдачи задания «DD» месяц 2021 г.

Студент

подпись, дата

Тришин И.В.
ФИО

Руководитель выпускной квалификационной работы

подпись, дата

Соколов А.П.
ФИО

Примечание: 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 профессионального образования
 «Московский государственный технический университет имени
 Н.Э. Баумана
 (национальный исследовательский университет)» (МГТУ им. Н.Э. Баумана)

ФАКУЛЬ- РК
 ТЕТ

КАФЕДРА РК-6
 ГРУППА РК6-81Б

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой РК-6
индекс
 _____ *А.П. Карпенко*
 « ____ » _____ 2021 г.

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

выполнения выпускной квалификационной работы

Студент группы: РК6-81Б

Тришин Илья Вадимович

(фамилия, имя, отчество)

Тема выпускной квалификационной работы: Разработка компонентов графоориентированного программного каркаса для реализации сложных вычислительных методов

№ п/п	Наименование этапов выпускной квалификацион- ной работы	Сроки выполнения этапов		Отметка о выполнении	
		план	факт	Должность	ФИО, подпись
1.	Задание на выполнение работы. Формулировка проблемы, цели и задач работы	18.02.2021	18.02.2021	Руководитель ВКР	Соколов А.П.
2.	1 часть: аналитический обзор литературы	18.02.2021	31.03.2021	Руководитель ВКР	Соколов А.П.

№ п/п	Наименование этапов выпускной квалификацион- ной работы	Сроки выполнения этапов		Отметка о выполнении	
		план	факт	Должность	ФИО, подпись
3.	Утверждение окончательных формулировок решаемой проблемы, цели работы и перечня задач	28.02.2021	28.02.2021	Заведующий кафедрой	А.П. Карпенко
4.	2 часть: математическая постановка задачи, разработка архитектуры программной реализации, программная реализация	31.03.2021	31.03.2021	Руководитель ВКР	Соколов А.П.
5.	3 часть: проведение вычислительных экспериментов, отладка и тестирование	30.04.2021	30.04.2021	Руководитель ВКР	Соколов А.П.
6.	1-я редакция работы	31.05.2021	31.05.2021	Руководитель ВКР	Соколов А.П.
7.	Подготовка доклада и презентации	17.06.2021	17.06.2021		
8.	Заключение руководителя	15.06.2021	15.06.2021	Руководитель ВКР	Соколов А.П.
9.	Допуск работы к защите на ГЭК	15.06.2021	15.06.2021	Нормоконтролер	С.В. Грошев
10.	Внешняя рецензия	12.06.2021	12.06.2021		
11.	Защита работы на ГЭК	19.06.2021	19.06.2021		

Студент _____ Тришин И.В. Руководитель ВКР _____ Соколов А.П.
подпись, дата ФИО подпись, дата ФИО

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)

**НАПРАВЛЕНИЕ
НА ЗАЩИТУ ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ**

Председателю
Государственной Экзаменационной Комиссии № _____

факультета «Робототехника и комплексная автоматизация» МГТУ им. Н.Э. Баумана

Направляется студент Фамилия Имя Отчество группы РК6-81Б

на защиту выпускной квалификационной работы Тема

Декан факультета подпись декана «11» мая 2020 г.

Справка об успеваемости

Студент Фамилия Имя Отчество за время пребывания в МГТУ имени Н.Э. Баумана с 2017 г. по 2020 г. полностью выполнил учебный план со следующими оценками: отлично – [процент] %, хорошо – [процент] %, удовлетворительно – [процент] %.

Инспектор деканата от руки

Отзыв руководителя выпускной квалификационной работы

Студент Фамилия И.О. в процессе выполнения ВКР проявил себя как ... Результаты, полученные в процессе реализации задания, позволили сделать вывод о ... целесообразности/нецелесообразности выбранных путей решения поставленной задачи, ... невозможности применения ... Работа выполнена автором самостоятельно, в полном объеме, в полном соответствии с заданием и календарным планом. Несмотря на сделанные замечания студент достоин «отличной» оценки... и присвоения звания бакалавр техники и технологий по направлению «Информатика и вычислительная техника».

Руководитель ВКР _____ «____» _____ 2020 г.
(подпись) А.П. Соколов (ФИО) (дата)

Студент _____ «____» _____ 2020 г.
(подпись) И.О. Фамилия (ФИО) (дата)

РЕФЕРАТ

выпускная квалификационная работа: 25 с., 0 рис., 0 табл., 8 источн.

CASE-СИСТЕМЫ, РАСПРЕДЕЛЁННЫЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ, ГРАФО-ОРИЕНТИРОВАННЫЙ ПОДХОД, СЛОЖНЫЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ МЕТОДЫ, ОПИСАНИЕ БИЗНЕС-ЛОГИКИ.

Данная работа посвящена разработке программного инструментария, позволяющего описывать и реализовать логику решения различных задач, требующих большого количества трудоёмких вычислений. При описании применяется т.н. графоориентированный подход, который позволяет пользователю задавать действия алгоритма или вычислительного метода в виде переходов между состояниями данных. Формируемое описание затем интерпретируется и выполняется с применением стандартных или пользовательских реализаций каждого из переходов.

Реализованные программные средства позволяют структурировать и ускорить разработку наукоёмкого программного обеспечения, применяемого при анализе больших объёмов данных и научно-технических исследованиях.

Тип работы: выпускная квалификационная работа.

Тема работы: *«Разработка компонентов графоориентированного программного каркаса для реализации сложных вычислительных методов».*

Объект исследования: подходы к описанию бизнес-логики в системах автоматизированной разработки программного обеспечения.

Основная задача, на решение которой направлена работа:
@Основная задача, на решение которой направлена работа@.

Цели работы: @Цель выполнения работы@

В результате выполнения работы: 1) предложено ...; 2) создано ...; 3) разработано ...; 4) проведены вычислительные эксперименты ...

СОКРАЩЕНИЯ

API – прикладной программный интерфейс (Application Programming Interface).

DFD – диаграмма потоков данных (Data Flow Diagram).

JSON – файловый формат для хранения структур данных (Javascript Object Notation).

LCPD – платформы малокодовой разработки (low-code development plateforms).

ПО – программное обеспечение.

СОДЕРЖАНИЕ

СОКРАЩЕНИЯ	9
ВВЕДЕНИЕ	11
1 Постановка задачи	14
1.1 Концептуальная постановка задачи	14
1.2 Математическая постановка задачи (представляется в зави- симости от задачи)	14
2 Вычислительный метод	15
3 Программная реализация	16
3.1 Архитектура	16
4 Тестирование и отладка	17
4.1	17
5 Вычислительный эксперимент	18
5.1	18
6 Анализ результатов	19
6.1	19
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	20
Литература	21
ПРИЛОЖЕНИЯ	24
А	24

ВВЕДЕНИЕ

Современные научно-технические исследования зачастую включают в себя задачи, при решении которых требуется большое количество вычислений, для которых зачастую задействуются большие вычислительные мощности. К таким задачам относятся, например, различные задачи анализа, определения характеристик материалов или технических объектов, моделирования сложных динамических процессов. Как правило, для решения подобных задач применяется или разрабатывается специализированное программное обеспечение (ПО).

Среди прочих применяются системы, предоставляющие пользователю язык описания математических выражений. К таким системам относятся, например, Abacus[1], Mathcad. Также стоит отметить системы специализирующиеся на символьной алгебре, такие, как Maple[2] и Wolfram Mathematica. Все эти системы позволяют выполнять математическое моделирование в том числе и сложных технических объектов. При всех преимуществах применения подобных программ при решении сложных вычислительных задач за пользователем остаётся необходимость формулировать их математические постановки (т.е. формировать математические модели, составлять системы уравнений и т.д.). Зачастую требуется решать множество задач с схожей постановкой, но с различными входными параметрами (как, например, при анализе прочностных характеристик технических объектов). Следовательно, целесообразны автоматизированные средства решения подобных типовых задач.

Данные средства относятся к специализированному ПО, а потому при их разработке требуются глубокие познания в предметной области. Кроме того, важно, чтобы создаваемая кодовая база была рассчитана на дальнейшую поддержку, что предъявляет соответствующие требования к структуре исходного кода и документации. Таким образом целесообразно применение некоторых средств, позволяющих организовать разработку научно-исследовательского программного обеспечения и повысить его поддерживаемость.

В наши дни популярность приобретает применение научных системы управления потоком задач (англ. scientific workflow systems). Такие системы позволяют автоматизировать процессы решения научно-технических задач, предоставляя средства организации и управления вычислительными процес-

сами [3]. Процесс работы с подобными системами состоит из 4 основных этапов:

- 1) составление описания операций обработки данных и зависимостей между ними;
- 2) распределение процессов обработки данных по вычислительным ресурсам;
- 3) выполнение обработки данных;
- 4) сбор и анализ результатов и статистики.

Примерами подобных систем могут служить Pegasus[4], Kepler[5] и pSeven[6].

Одной из ключевых особенностей подобного подхода к реализации решений научно-технических задач является выделение операций обработки данных в отдельные программные модули (функции, подпрограммы, скрипты). При известных входных и выходных данных каждого модуля становится возможной их независимая разработка[7].

Кроме того, существуют т.н. платформы малокодовой разработки (англ. low-code development platforms, LCPD)[8]. В них, подобно системам управления потоком задач, логика разрабатываемого программного продукта описывается при помощи некоторого формального языка или с использованием графического редактора. От системы к системе подход к описаниям варьируется. Может применяться структурный подход, описывающий шаги алгоритма, или предметно-ориентированный, при котором описываются взаимодействующие сущности. Некоторые системы позволяют по созданному описанию генерировать готовые компоненты будущего программного продукта. Так платформа Codebots реализует предметно-ориентированный подход и по составленным UML-диаграммам взаимодействующих сущностей позволяет генерировать API, JSON-схемы данных и документацию[8]. Тем не менее, при реализации сложных вычислительных методов целесообразнее использовать структурный подход.

В основном, в описанных системах для описания связей между отдельными шагами алгоритма используются ориентированные графы. Помимо описания связей между вычислительными процессами ориентированные

графы также находят применение при планировании деятельности (сетевые графики, граф-схемы). В научно-технической среде большее распространение получили сети Петри, диаграммы потоков данных (DFD) и диаграммы перехода состояний.

1 Постановка задачи

1.1 Концептуальная постановка задачи

В разделе концептуальная постановка задачи должны быть представлены: объект исследований (разработки), цель исследования (разработки), кратко задачи (по пунктам, не более 8), исходные данные (если предусмотрены), что требуется получить.

Обязательность представления: раздел обязателен.

Объём: как правило, не должен быть больше 1-2 страниц.

1.2 Математическая постановка задачи (представляется в зависимости от задачи)

Раздел математическая постановка задачи обязателен для проектов, предполагающих применение методов математического моделирования и, как следствие, проведение вычислительных экспериментов.

Если проект предполагает разработку программного обеспечения и не предполагает проведение вычислений, то этот раздел не обязателен.

В разделе математическая постановка задачи подробно по подразделам следует описать планируемые к применению математические модели, вычислительные методы. Следует описывать особые ситуации их применения, которые предполагается изучить. Модели следует описывать с использованием математически строгих формулировок, не допускающих неоднозначности прочтения.

Обязательность представления: раздел представляется в зависимости от задачи.

Объём: как правило, может составлять около 10 страниц.

2 Вычислительный метод

В разделе следует представить описание применяемого (планируемого к применению) вычислительного метода. Метод следует описывать с использованием математически строгих формулировок, не допускающих неоднозначности прочтения.

Обязательность представления: раздел представляется в зависимости от поставленной задачи. Объём: около 5 страниц.

3 Программная реализация

3.1 Архитектура

В разделе следует представить в форме ссылок применяемые (планируемые к применению) технологии разработки, включая языки программирования. Следует подробно описать предлагаемые алгоритмы, реализуемые в виде программ. Следует активно использовать графические способы представления информации: иерархий классов, реляционных моделей данных, графовые модели, диаграммы потоков данных, блок-схемы и прочие. Следует минимизировать текстовые нерепрезентативные способы описания программных объектов (например, в форме листингов).

Обязательность представления: раздел представляется в зависимости от постановки задачи. Объём: около 5 страниц.

4 Тестирование и отладка

4.1 ...

В разделе следует представить описания тестовых примеров, включая входные данные, принципы запуска и указать ожидаемый результат и фактически полученный.

Допускается включение скриншотов, однако, каждый должен быть подписан и представлено обоснование его включения в РПЗ.

Обязательность представления: раздел представляется в зависимости от постановки задачи.

Объём: около 4-5 страниц.

5 Вычислительный эксперимент

5.1 ...

В разделе следует представить описания каждого вычислительного эксперимента, включая указание особенностей их проведения, используемые программные средства, используемые исходные данные, принципы запуска с указанием ожидаемого и полученного результата.

Обязательно представление графических результатов в форме графиков, поверхностей.

Обязательность представления: раздел представляется в зависимости от постановки задачи.

Объём: объём не ограничен, но, как правило, не должен быть меньше 5-6 страниц.

6 Анализ результатов

6.1 ...

В разделе следует представить анализ полученных результатов, включая указание перспектив развития созданных научно-технических решений.

Обязательность представления: раздел обязателен.

Объём: объём не ограничен, но, как правило, не должен быть меньше 2 страниц.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В разделе следует представить выводы по работе в целом. Каждый вывод **не должен** быть банальным указанием факта реализации поставленных задач. Каждый вывод должен быть результатом проведенной работы в целом, включая результаты тестирования, вычислительных экспериментов и анализа результатов.

Обязательность представления: раздел обязателен.

Объём: как правило, не должен быть больше 1-2 страниц.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Abacus: A powerful tool in a mathematical sciences laboratory / R. Piessens, J. Lewi, E. Steegmans [и др.] // International Journal of Mathematical Education in Science and Technology. 1989. Т. 20, № 2. С. 197 – 224.
- 2 The design of Maple: A compact, portable, and powerful computer algebra system / Bruce W. Char, Keith O. Geddes, W. Morven Gentleman [и др.] // Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics). 1983. Т. 162 LNCS. С. 101 – 115.
- 3 Workflows and e-Science: An overview of workflow system features and capabilities / D. E., G. D., S. M. et al. // Future Generation Computer Systems. 2009. Vol. 25, no. 5. P. 528 – 540.
- 4 Pegasus in the cloud: Science automation through workflow technologies / Deelman E., Vahi K., Rynge M. [и др.] // IEEE Internet Computing. 2016. Т. 20, № 1. С. 70 – 76.
- 5 Kepler: An extensible system for design and execution of scientific workflows / Altintas I., Berkley C., Jaeger E. [и др.]. Т. 16. 2004. С. 423 – 424.
- 6 Alexey M. Nazarenko Alexander A. Prokhorov. Hierarchical Dataflow Model with Automated File Management for Engineering and Scientific Applications // Procedia Computer Science. 2015. Т. 66. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050915034055?pes=vor>.
- 7 Данилов А.М., Лапшин Э.В., Беликов Г.Г., Лебедев В.Б. Методологические принципы организации многопоточной обработки данных с распараллеливанием вычислительных процессов // Известия вузов. Поволжский регион. Технические науки. 2001. № 4. С. 26–34.
- 8 Low-code development and model-driven engineering: Two sides of the same coin? / Davide Di Ruscio, Dimitris Kolovos, Juan de Lara [и др.] // Software and Systems Modeling. 2022. Т. 21, № 2. С. 437 – 446.

Выходные данные

Тришин И.В.. Разработка компонентов графоориентированного программного каркаса для реализации сложных вычислительных методов по дисциплине «Модели и методы анализа проектных решений». [Электронный ресурс] — Москва: 2021. — 25 с. URL: <https://sa2systems.ru:88> (система контроля версий кафедры РК6)

Постановка:



канд. физ.-мат. наук, Соколов А.П.

Решение и вёрстка:



студент группы РК6-81Б, Тришин И.В.

2021, весенний семестр

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)

АКТ
проверки выпускной квалификационной работы

Студент группы РК6-81Б

Фамилия Имя Отчество
(Фамилия, имя, отчество)

Тема выпускной квалификационной работы: [Тема]

Выпускная квалификационная работа проверена, размещена в ЭБС «Банк ВКР» в полном объеме и соответствует / не соответствует требованиям, изложенным в Положении о порядке подготовки и защиты ВКР.
ненужное зачеркнуть

Объем заимствования составляет % текста, что с учетом корректного заимствования соответствует / не соответствует требованиям к ВКР
ненужное зачеркнуть

← от руки

↗ бакалавра, специалиста, магистра
от руки

Нормоконтролёр

Согласен:

Студент

Дата:

↑ от руки

↙ подписать
С.В. Грошев
(подпись) (ФИО)

↙ подписать
И.О. Фамилия
(подпись) (ФИО)

