



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 «Робототехники и комплексной автоматизации»

КАФЕДРА «Системы автоматизированного проектирования (РК-6)»

## РАСЧЁТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

к курсовому проекту

по дисциплине «Методы оптимизации»

на тему

«Графоориентированная методология разработки средств взаимодействия  
пользователя в системах автоматизированного проектирования и инженерного  
анализа»

Студент РК6-71Б  
группа

\_\_\_\_\_  
подпись, дата

Тришин И.В.  
ФИО

Руководитель КП

\_\_\_\_\_  
подпись, дата

Соколов А.П.  
ФИО

Консультант

\_\_\_\_\_  
подпись, дата

Першин А.Ю.  
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 курсового проекта

Студент группы: РК6-71Б

Тришин Илья Вадимович

\_\_\_\_\_  
 (фамилия, имя, отчество)

Тема курсового проекта : Графоориентированная методология разработки средств взаимодействия пользователя в системах автоматизированного проектирования и инженерного анализа

Источник тематики (кафедра, предприятие, НИР): кафедра

Тема курсового проекта утверждена на заседании кафедры «Системы автоматизированного проектирования (РК-6)», Протокол № \_\_\_\_\_ от « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2021 г.

#### Техническое задание

**Часть 1.** Аналитический обзор литературы.

*Более подробная формулировка задания. Следует сформулировать, 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 заголовки. Например: «Должна быть создана*

математическая модель распространения вирусной инфекции и представлена в форме системы дифференциальных уравнений».

**Часть 3.** Проведение вычислительных экспериментов, отладка и 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 курсового проекта :

Расчетно-пояснительная записка на 18 листах формата А4.

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

количество: 0 рис., 0 табл., 7 источн.
[здесь следует ввести количество чертежей, плакатов]

Дата выдачи задания «DD»       месяц 2021 г.

Студент

\_\_\_\_\_  
подпись, дата

Тришин И.В.  
ФИО

Руководитель курсового проекта

\_\_\_\_\_  
подпись, дата

Соколов А.П.  
ФИО

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

## РЕФЕРАТ

курсовой проект : 18 с., 11 глав, 0 рис., 0 табл., 7 источн.

@KEYWORDSRU@.

@Начать можно так: “Работа посвящена...”. Объём около 0.5 страницы. Здесь следует кратко рассказать о чём работа, на что направлена, что и какими методами было достигнуто. Реферат должен быть подготовлен так, чтобы после её прочтения захотелось перейти к основному тексту работы.@

**Тип работы:** курсовой проект .

**Тема работы:** *«Графоориентированная методология разработки средств взаимодействия пользователя в системах автоматизированного проектирования и инженерного анализа».*

**Объект исследования:** Графоориентированный программный каркас.

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

**Цели работы** состоят в: @Цель выполнения работы@

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

# СОДЕРЖАНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ</b> .....	6
<b>1. Постановка задачи</b> .....	11
1.1. Концептуальная постановка задачи .....	11
1.2. Математическая постановка задачи (представляется в зависимости от задачи) .....	11
<b>2. Вычислительный метод</b> .....	12
<b>3. Программная реализация</b> .....	13
3.1. Архитектура .....	13
<b>4. Тестирование и отладка</b> .....	14
4.1. ... .....	14
<b>5. Вычислительный эксперимент</b> .....	15
5.1. ... .....	15
<b>6. Анализ результатов</b> .....	16
6.1. ... .....	16
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ</b> .....	17
<b>Литература</b> .....	18

## ВВЕДЕНИЕ

Процесс работы со сложными САПР и системами инженерного анализа для пользователя обычно сопряжен с требованием глубоких знаний предметной области решаемых задач. Обычно многие вычислительные задачи, которые требуется решать в процессе проектирования сложных технических объектов, предполагают процедуры пре- и пост- процессинга, и кроме того процедуры обработки данных, каждая из которых может включать необходимость запуска множества специальных функций, назначение и принципы работы которых пользователь вынужден предварительно изучить, пользуясь документацией по системе. В связи с разнообразием вычислительных задач и часто изменяющимися требованиями соответствующее программное обеспечение претерпевает изменения, что также должно отражаться в документации [1].

**Утверждение 1.** Одним из возможных путей к упрощению процесса применения и изучения наукоемкого ПО служит исключение необходимости его изучения за счет автоматизации самопроцедуры его использования. Такая автоматизация предполагает: а) формализацию метода организации вычислительных процессов в автоматизированной системе; б) определение классов прикладных задач, поддерживаемых в системе, и сопоставление с каждым классом формального описания метода решения; в) ограничение доступа к функциональным возможностям системы, обеспечивающим решение отдельных подзадач.[2]

**Утверждение 2.** Многие известные методики предполагают организацию вычислительных процессов в графовой форме. Например, применяют диаграммы потоков данных (DFD), графы, конечные автоматы, диаграммы перехода состояний. Такое описание позволяет выделять структурные единицы приложения в виде функций или подпрограмм и связывать их между собой в определенной последовательности.

Более подробное описание применяемых методик можно найти в [2]. В данном разделе внимание будет сосредоточено на сравнении нескольких конкретных уже реализованных продуктов для решения различных задач проектирования, где вычислительные процессы организованы в графовой форме. К сравнению были выбраны и рекомендованы следующие программные комплексы:

1. Pradis - разработка отечественной компании "Ладуга"
2. pSeven - разработка отечественной компании DATADVANCE
3. GBSE - разработка группы преподавателей и студентов МГТУ им. Баумана

Для сравнения были выделены следующие группы признаков:

- Общие признаки;
- Признаки, относящиеся к топологии создаваемых графов, описывающих процессы обработки данных;
- Признаки, относящиеся к обходу данных графов.

К первой группе относятся такие признаки, как спектр задач, особенности работы с входными и выходными данными, файловая структура проектов. Ко второй группе относятся формат описания графов, подход к их формированию, возможность включения одного графа в состав другого, особенности передачи параметров между узлами, наличие поддержки ветвлений и циклов. К третьей группе признаков относятся поддержка параллельной обработки данных, поддержка распределённого выполнения, особенности ввода дополнительных данных. Особенности ввода дополнительных данных и взаимодействия с пользователем в процессе обработки данных, особенности отбора корректных результатов расчета вручную, возможности доопределять значения входных данных в процессе обхода графа.

Программный комплекс Pradis, разработанный отечественной компанией "Ладуга" был рекомендован к обзору и сравнению, однако после проведённого обзора официальной документации [3][4], не было получено достаточного представления об использовании графо-ориентированного подхода в данном комплексе, поэтому было принято решение исключить его из дальнейшего рассмотрения.

Что касается программного комплекса pSeven, разработанного компанией DATADVANCE, используется методология диаграмм потоков данных, т.е. топология графа, описывающего процесс решения некоторой задачи проектирования, определяется только зависимостями между входными и выходными данными каждого отдельного процесса обработки данных, входящего в решение. [5] В реализованном в pSeven подходе вводятся следующие понятия:

- *Расчётная схема (workflow)* - формальное описание процесса решения некоторой задачи в виде ориентированного графа;
- *Блок* - программный контейнер для некоторого процесса обработки данных, входные и выходные данные для которого задаются через порты;
- *Порт* - переменная определённого типа, имеющая определённое имя, привязанная к блоку;
- *Связь* - направленное соединение типа "один к одному" между входным и выходным портами разных блоков;

С учётом данных понятий можно описать методологию диаграмм потоков данных следующим образом. Расчётная схема содержит в себе набор процессов обработки данных (блоков), каждый из которых имеет (возможно, пустой) набор именованных входов и выходов (портов). Данные передаются через связи. Для избежания гонок данных множественные связи с одним и тем же входным портом не поддерживаются. Для начала выполнения каждому блоку требуются данные на всех входных портах. Все данные на выходных портах формируются по завершении исполнения блока. [5]

Все порты, которые не привязаны к другим блокам, автоматически становятся внешними входами и выходами для всей расчётной схемы. Для начала обхода расчётной схемы должен быть предоставлен набор входных данных и указаны внешние выходные порты, значения кото-

Результаты проведённого сравнения были оформлены в общую таблицу, приведённую ниже.

Таблица В.1. Сравнительная таблица

Признак	pSeven	GBSE
Спектр задач	Задачи оптимизации, анализ данных	Задачи автоматизированного проектирования, анализ данных
Подход к формированию графа	Согласно описанному в [5] подходу, узлами графа являются блоки, рёбрами - связи, по которым передаются данные.	Узлами графа являются состояния данных, рёбрами - переходы между состояниями, к которым привязываются функции-обработчики. [6]
Формат описания графа	Сформированное описание сохраняется в двоичном файле закрытого формата с расширением .p7wf	Описание графа и функций-обработчиков сохраняется в текстовом файле специального формата .aDOT, являющегося расширением формата DOT[6]
Файловая структура проекта	Проект состоит из непосредственно файла проекта, в котором хранятся ссылки на созданные расчётные схемы и базу данных, сами расчётные схемы, файлы с их входными данными, файлы отчётов, где сохраняются выходные данные последних расчётов и результаты их анализа.	Проект состоит из .aDOT файла с описанием графа, .aINI-файлов с описанием входных данных, библиотеки функций-обработчиков, файлов, куда записываются выходные данные.



Особенности работы с входными и выходными данными	Входные данные должны быть указаны при настройках внешних входных портов расчётной схемы. Данные с выходных портов схемы сохраняются в локальной базе данных. Для их записи в файлы для обработки/анализа вне rSeven необходимо воспользоваться специально предназначенными для этого блоками.	Входные данные хранятся в файле с расширением .aINI, откуда считываются при запуске обхода графа[7]. Для записи выходных/промежуточных данных в файлы или базы данных необходимо добавить соответствующие функции-обработчики.
Особенности передачи параметров между узлами	Данные между узлами передаются через связи, которые на уровне выполнения создают пространство в памяти для ввода и вывода данных для выполняемых в отдельных процессах блоков. Транзитная передача данных, которые не изменяются в данном блоке, на выход невозможна.	Поскольку узлами графа являются состояния данных, существует возможность задействовать в расчётах только часть данных, оставляя их другую часть без изменений
Поддержка ветвлений и циклов	Присутствует. Достигается за счёт специальных управляющих блоков, которые отслеживают выполнение условий	Присутствует по умолчанию
Поддержка параллельной обработки данных	Присутствует. Блоки, входящие в состав различных ветвлений схемы могут быть выполнены параллельно, поскольку они не зависят друг от друга по используемым данным.	Присутствует. Существует возможность обойти различные ветвления графа одновременно.
Особенности отбора корректных результатов расчёта вручную	Производится на этапе анализа результатов с помощью отчётов, где можно задать фильтрацию выходных данных по указанным параметрам. В случае, если результаты являются промежуточными, расчётную схему приходится разбивать на части.	Планируется реализовать средство визуализации данных, которое вкупе с автоматической генерацией форм ввода позволят отбирать корректные результаты промежуточных вычислений во время обхода одного цельного графа.

Возможность доопределения значений входных данных в процессе обхода графа	Отсутствует	Реализована при помощи функций-обработчиков, создающих формы ввода
---	-------------	--

# 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 Соколов А.П Першин А.Ю. Система автоматизированного проектирования композиционных материалов. Часть 2. Вычислительная подсистема,распределенные вычисления с применением графоориентированного подхода // Известия СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2020. № 10/2020.
- 2 Соколов А.П Голубев В.О. Система автоматизированного проектирования композиционных материалов. Часть 3. Графоориентированная методология разработки средств взаимодействия пользователь–система // Известия СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2021. № 2/2021. С. 43–57.
- 3 PRADIS. Общее описание системы [Оф. документация]. 2007.
- 4 PRADIS. Методы формирования и численного расчёта математических моделей переходных процессов [Оф. документация]. 2007.
- 5 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>.
- 6 Соколов А.П. Першин А.Ю. Графоориентированный программный каркас для реализации сложных вычислительных методов // Программирование. 2018. № X.
- 7 Соколов А.П Першин А.Ю. Программный инструментарий для создания подсистем ввода данных при разработке систем инженерного анализа // Программная инженерия. 2017. Т. 8, № 12.

## Выходные данные

Тришин И.В.. Графоориентированная методология разработки средств взаимодействия пользователя в системах автоматизированного проектирования и инженерного анализа по дисциплине «Методы оптимизации». [Электронный ресурс] — Москва: 2021. — 18 с. URL: <https://sa2systems.ru:88> (система контроля версий кафедры РК6)

Постановка:  @должность научного руководителя@, Соколов А.П.  
Решение и вёрстка:  студент группы РК6-71Б, Тришин И.В.

2021, осенний семестр