



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)»

ФАКУЛЬТЕТ «Робототехника и комплексная автоматизация» (РК)

КАФЕДРА «Системы автоматизированного проектирования» (РК6)

# РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА К НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ

*на тему:*

*«Методы визуализации и организации процессов решения  
сложных вычислительных задач»*

Студент      РК6-73  
(Группа)

\_\_\_\_\_  
(Подпись, дата)

**В.О. Голубев**  
(И.О.Фамилия)

Руководитель курсовой работы (проекта)

\_\_\_\_\_  
(Подпись, дата)

**А.П. Соколов**  
(И.О.Фамилия)

Консультант

\_\_\_\_\_  
(Подпись, дата)

**А. Ю. Першин**  
(И.О.Фамилия)

*Оценка: отлично!*

2020 г.

**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)»**

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой РК-6  
(Индекс)  
Карпенко А.П.  
(И.О.Фамилия)  
«     »     20    г.

**З А Д А Н И Е  
на выполнение научно-исследовательской работы**

Студент группы РК6-73

Голубев Владислав Олегович

(Фамилия, имя, отчество)

Тема НИР «Изучение и разработка методов, методологий и средств автоматизации процессов решения сложных вычислительных задач»

Направленность НИР (учебная, исследовательская, практическая, производственная, др.)

исследовательская

Источник тематики (кафедра, предприятие, НИР) кафедра

График выполнения КР: 25% к 4 нед., 50% к 8 нед., 75% к 12 нед., 100% к 16 нед.

**Техническое задание** Провести обзор литературы по теме: "Методы визуализации и организации процессов решения сложных вычислительных задач"

**Оформление курсового проекта:**

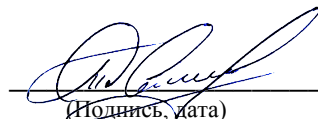
Расчетно-пояснительная записка на 19 листах формата А4.

Перечень графического (иллюстративного) материала (чертежи, плакаты, слайды и т.п.)  
работа включает 1 рисунок

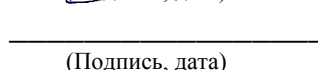
Дата выдачи задания « 9 » сентября 2019 г.

**Руководитель курсовой работы**

**Студент**

  
(Подпись, дата)

**А.П. Соколов**  
(И.О.Фамилия)

  
(Подпись, дата)

**В.О. Голубев**  
(И.О.Фамилия)

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

## **АННОТАЦИЯ**

Данная работа проводилась в рамках разработки Web-приложений, реализующих бизнес-логику работы пользователя в системах инженерного анализа на основе графоориентированной методологии. В работе проведен обзор литературы по теме "Методы визуализации и организации процессов решения сложных вычислительных задач" и на основе анализа существующих разработок представлен метод решения задачи в рамках технологии GBSE.

## СОКРАЩЕНИЯ

*CASE — Computer-Aided Software Engineering*

*UML — Unified Modeling Language*

*CBD — Component Based Design*

*PaaS — Platform as a Service*

*IaaS — Infrastructure as a Service*

*SaaS — Software as a Service*

## СОДЕРЖАНИЕ

1. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ .....	7
1.1. Концептуальная постановка задачи .....	7
2. АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ПО ТЕМЕ ИССЛЕДОВАНИЯ .....	8
2.1. Результаты поиска источников литературы .....	8
2.2. Современные методы организации процессов решения сложных вычислительных задач .....	10
2.3. Анализ существующих методов визуализации и организации процессов .....	11
3. МЕТОД РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ .....	12
4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	13

## **ВВЕДЕНИЕ**

При проведении современных исследований возникает необходимость автоматизировать процессы решения сложных вычислительных задач. Достижение подобной цели не представляется возможным без формально определенного метода организации процессов в автоматизированной системе. Проектирование, создание и сопровождение подобных систем является трудоемкой задачей, для решения которой применяют инструментальные средства и среды разработки автоматизированных систем (CASE-системы) [1]

Для эффективного взаимодействия с подобной системой исследователю необходим графический пользовательский интерфейс, в котором модель организации вычислений может быть представлена визуально. Большие перспективы в автоматизации процесса решения сложных задач открывает перед исследователем возможность прямого взаимодействия с вычислительной моделью: остановка вычислительного процесса на определенном этапе, изучение обрабатываемых данных, просмотр истории изменения обрабатываемых данных, возврат к определенному этапу вычислений, ввод дополнительных параметров на определенной стадии вычислений и т.д. О необходимости подобных решений писал В. McCormic [2]

Ниже представлен обзор основных работ, в которых рассматриваются методы визуализации и организации сложных вычислительных задач.

# 1. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

## 1.1. Концептуальная постановка задачи

Аналитический обзор литературы проводился в рамках выполнения работ по разработке Web-приложений, реализующих бизнес-логику работы пользователя в системах инженерного анализа на основе графоориентированной методологии.

Объект исследования:	Визуализация и организация процессов решения сложных вычислительных задач
Объект поиска:	Методы визуализации и организации процессов сложных вычислительных задач
Ключевые слова:	Визуализация процессов решения задач, методы представления продолжительных операций, computational processes visualization, complex computations visualization, computational pipeline visualization

Основная задача аналитического обзора литературы:

Изучение существующих методов визуализации и организации процессов решения вычислительных задач с целью выявления наиболее рационального метода. Выявление сильных и слабых сторон метода.

Задачи аналитического обзора литературы (детально):

1. Провести поиск источников литературы (преимущественно научных публикаций) согласно определенным ключевым словам.
2. Определить наиболее перспективные современные разработки и направления развития объекта поиска.
3. Провести анализ методов визуализации и организации сложных вычислительных задач .
4. Составить список найденных источников согласно ГОСТ Р 7.0.5-2008.

## **2. АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ПО ТЕМЕ ИССЛЕДОВАНИЯ**

### **2.1. Результаты поиска источников литературы**

Основная идея решения сложных вычислительных задач сводится к их декомпозиции на более мелкие процессы [1].

Методики используемые в CASE предполагают организацию процесса решения в виде иерархической структуры, которую можно представить в виде диаграмм. Например, диаграммы потоков данных (Data Flow Diagram), граф-схемы, диаграммы перехода состояний. Такое описание позволяет выделять структурные единицы приложения в виде функций или подпрограмм и связывать их между собой в определенной последовательности. Продолжением идей структурного описания проектируемого приложения можно считать объектный подход, в котором стали применять методы объектно-ориентированного программирования, что в последствии привело к методологии Component Based Design [3]. Эта технология основывалась на унификации интерфейса для интеграции программного обеспечения в сложную систему. Языком описания для CBD является UML [4]. Для визуализации процессов используются диаграммы последовательностей, диаграммы состояний, диаграммы деятельности.

Метод организации и выполнения процессов основанный на CBD описан Robert D. Bjornson и Stephen B. Weston [5]. В идее метода лежит организация вычислительных процессов, которые состоят из готовых компонентов, в виде диаграммы потока данных. Для создания и редактирования диаграммы предусмотрен графический интерфейс, в котором можно определить связи между процессами посредством указания точек входа и выхода обрабатываемых данных.

Метод разработки программного обеспечения при помощи проектирования моделей, не зависящих от предметной области запатентовали David TalbyScott и David McMaster [6]. Для описания организации процессов составляется UML-модель, которая интерпретируется для последующей генерации исходного кода на основе шаблонов. Подобная программная разработка может применяться для



создания программного обеспечения для реализации сложных вычислительных методов решения задач.

Подход к построению моделей обработки данных вычислительных экспериментов предложили российские исследователи Леонтьев, Тарасов, Харитонов [7]. Для построения моделей используются сети Петри. Модель вычислительного эксперимента состоит из моделей вычислительного и управляющего процессов. Построение этих моделей происходит отдельно. Модель вычислительного процесса строится автоматически на основе дерева событий. Модель управляющего процесса строится на определении шаблонов реакции на события. Подобный подход позволяет построить гибкую структуру вычислительного эксперимента и получать сообщения о статусе эксперимента от управляющего процесса.

Решение сложных вычислительных задач обусловлено запуском решения на производительных вычислительных машинах. Обычно к методам высокопроизводительных вычислений относят:

1. параллельные вычисления
2. распределенные вычисления
  - GRID
  - Облачные вычисления (PaaS, IaaS, SaaS)

GRID-системы применяются учеными для вычислительных задач, когда производительности кластеров из мощных серверов недостаточно [8].

Алекперов Р.К. [9] в своем исследовании рассмотрел организацию распределенных вычислительных сред на основе GRID-технологии и проанализировал специфические особенности этих задач. В своей работе он привел практические примеры, когда распределенные вычисления помогли решать задачи, требующие десятки лет вычислений, за несколько недель.

В работе ученых Farkas Z. И Kacsuk P. описана разработка графического пользовательского интерфейса для взаимодействия с различными видами GRID-сетей [10]. В системе предусмотрен сервис для мониторинга выполнения задач в рамках архитектуры и визуализация статуса выполнения. Графический интерфейс представляет из себя поток работ (workflow), который графом

описывает структуру GRID-сети, позволяет взаимодействовать с вычислительной системой и визуализировать состояние выполняемых задач. В системе существует Workflow Editor, который позволяет менять структуру вычислительной системы. Взаимодействия с различными видами GRID-сетей реализуется через промежуточный слой. Для каждой архитектуры написаны скрипты, которые переводят действия пользователя в графическом интерфейсе на язык конкретной архитектуры, а также обратно интерпретируют ответы от GRID-систем в workflow.

На сегодняшний день для проведения сложных вычислений многие ученые, исследовательские лаборатории и организации пользуются облачными платформами, которые предоставляют свои вычислительные мощности под любые нужды. Большинство облачных платформ предоставляет пользователю графический интерфейс (workflow) для организации процесса вычислений в виде диаграмм потока данных или граф-схемы [11], [12]. Подобные методы реализуются за счет использования промежуточного программного обеспечения, которое связывает готовые программные компоненты или набором библиотек, с помощью которых можно создавать пользовательские вычислительные процессы и исполнять их в облаке.

## **2.2. Современные методы организации процессов решения сложных вычислительных задач**

В настоящее время организация сложных вычислений все чаще проводится с использованием облачных технологий, поскольку подобный подход снимает большую часть ответственности по инфраструктурному обеспечению вычислительной системы и обходится дешевле, чем использование или разработка GRID-сетей. Существующие облачные вычислительные платформы в основном узко специализированны на решении задач машинного обучения [13]. Существует открытая разработка системы машинного обучения TensorFlow от компании Google, вычисления в которой выражаются в виде потоков данных через граф состояний [14]. Среди закрытых разработок стоит упомянуть проект вычислительной платформы российской компании Яндекс -

Нирвана [15], которая позволяет производить вычисления не завязанные на конкретной предметной области. Подобный подход позволяет использовать вычислительную платформу для широкого класса задач. Среди российских разработок стоит отметить разработанную в МГТУ им. Н.Э.Баумана технологию GBSE, позволяющую упростить процессы проектирования, разработки, тестирования, сопровождения программных реализаций сложных вычислительных методов [16].

### **2.3. Анализ существующих методов визуализации и организации процессов**

Все найденные методы были основаны на организации процессов решения в виде графов, сетей Петри или потоков данных. Визуализировать процессы с подобной структурой удобно с помощью соответствующих диаграмм. Для визуализации процесса решения в рассмотренных методах были предусмотрены механизмы отслеживания состояния и управления исполнением процессов (workflow monitor), в которых можно:

- увидеть детали выполнения процессов
- увидеть историю выполнения процессов
- остановить, прекратить или возобновить исполнение решения

Подобные механизмы реализуются с помощью создания параллельного управляющего процесса, который может обмениваться сообщениями с исполняющим процессом [7], [10]. Такой подход позволяет разделить обязанности и не усложнять логику работы исполняющего процесса.

### 3. МЕТОД РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ

В рамках технологии GBSE можно наглядно показать процесс решения задачи с помощью визуализации обхода ребер графа. Управляющий процесс может запрашивать историю обхода ребер графа у исполняющего процесса и посылать информацию на веб-клиент. На рис. 1 продемонстрировано взаимодействие различных частей распределенной системы GCD для визуализации статуса решения задачи.

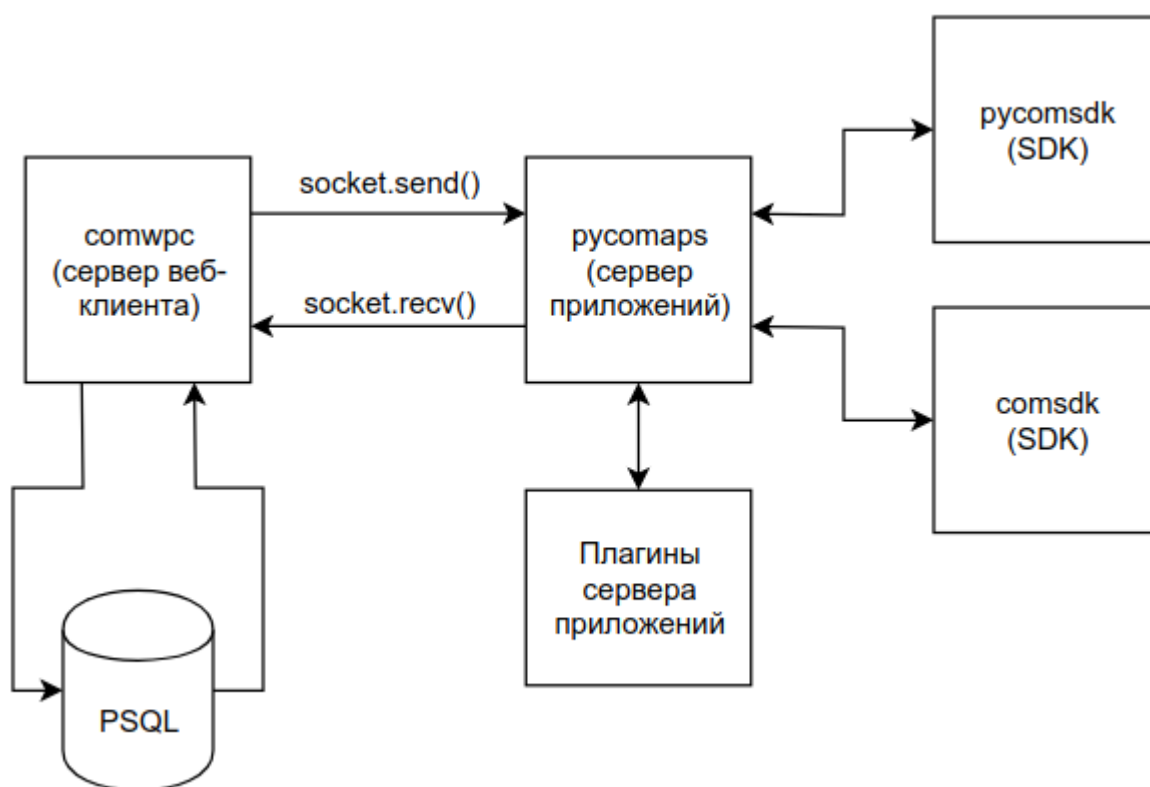


Рис. 1. Диаграмма сетевого взаимодействия компонентов PBC GCD.

Веб-клиент с заданным периодом по времени формирует аjax-запросы к серверу приложений. На стороне сервера приложений запрос от клиента обрабатывается в отдельном процессе. Процесс-обработчик разбивается на управляющий и исполняющий процесс. Управляющий процесс может обмениваться сообщениями с исполняющим для получения статуса вычислений. Исполняющий процесс должен запускать обход графа и по требованию управляющего процесса предоставлять информацию об истории пройденных ребер.

## **4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

1. Был проведен обзор научно-технических публикаций и патентов по теме исследования.
2. Приведены современные перспективные разработки в области организации процессов сложных вычислительных задач.
3. Проанализированы существующие методы, выделены их достоинства.
4. Предложен метод визуализации и организации процессов сложных вычислительных задач в рамках технологии GBSE.

## **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Норенков И.П Основы автоматизированного проектирования, М: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2006. - 448 с.
2. McCormic B. Visualization in Scientific Computing // New York: Computer Graphics. 1987, 81 p.
3. McIlroy M. Mass produced software components : NATO Software Engineering Conference (7-11 Oct. 1969), Garmisch, Germany: Scientific Affairs Division, 1969,79 p.
4. ISO/IEC 19501:2005 - Information technology - Open Distributed Processing - Unified Modeling Language (UML) Version 1.4.2., Iso.org, 2005. - 456 с.
5. US 2004/0056908 A1 - Turbo Worx, Inc. (New Haven, CT, US) - Method and system for dataflow creation and execution (2004).
6. US 8,949,772 B1 - Amazon Technologies, Inc., (Reno, NV, US) - Dynamic model based software application development (2015).
7. Леонтьев Д.В., Тарасов В.Г., Харитонов И.Д. Модель обработки данных вычислительных экспериментов // Научный сервис в сети Интернет: труды XX Всероссийской научной конференции. М.: ИПМ им. М.В.Келдыша, 2018. - С. 373–386.

8. Zurek R.W, Martin L.J. GridPP: development of the UK computing grid for particle physics // New York: Journal of Physics G: Nuclear and Particle Physics, 2006, p. 1–20.
9. Алекперов А. Организация распределенных вычислений на базе GRID-технологии // Баку: Искусственный интеллект. - 2011. - С. 6-14.
10. Farkas Z., Kacsuk P. P-GRADE Portal: A generic workflow system to support user communities // Elsevier. - Volume 27 (Future Generation Computer Systems), 2010, p. 455–465.
11. Godec, P., Pančur, M., Democratized image analytics by visual programming through integration of deep models and small-scale machine learning // Nat Commun. - Volume 10, 2019, С. 33-40.
12. Kudryavtsev A.O., Koshelev V.K., Izbyshchikov A.O. Development and implementation of the cloud system for solving problems of high // Proceedings of the Institute for System Programming of Russian Academy of Sciences, Volume 24, 2011, p. 13-33.
13. Janez Demsar, Tomaz Curk, Ales Erjavec Orange: Data Mining Toolbox in Python // Journal of Machine Learning Research, 2013 (14), С. 2349–2353.
14. Официальный сайт проекта TensorFlow [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.tensorflow.org>.
15. Познаём Нирвану – универсальную вычислительную платформу Яндекса [Электронный ресурс]. –Режим доступа: <https://habr.com/ru/company/yandex/blog/351016/>
16. Соколов А.П., Першин А.Ю. Графоориентированный программный каркас для реализации сложных вычислительных методов. Программирование. – Т.47, No5– 2019, с. 43-55.