

## Форма Т. Титульная страница заявки в РФФИ

<b>НАЗВАНИЕ ПРОЕКТА</b> Статическое метапрограммирование и обобщённое программирование в задачах компьютерной алгебры и вычислительной алгебраической геометрии		<b>НОМЕР ПРОЕКТА</b> 12-01-31375	
<b>ОБЛАСТЬ ЗНАНИЯ</b> 01		<b>КОД(Ы) КЛАССИФИКАТОРА</b> 01-208, 01-114	
<b>ВИД КОНКУРСА:</b> мол_а Конкурс научных проектов, выполняемых молодыми учеными (Мой первый грант)			
<b>ФАМИЛИЯ, ИМЯ, ОТЧЕСТВО РУКОВОДИТЕЛЯ ПРОЕКТА</b> Пеленицын Артем Михайлович		<b>ТЕЛЕФОН РУКОВОДИТЕЛЯ ПРОЕКТА</b> 89612902878	
<b>ПОЛНОЕ НАЗВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ, В КОТОРОЙ РЕАЛИЗУЕТСЯ НАУЧНЫЙ ПРОЕКТ</b> Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Южный федеральный университет»			
<b>ОБЪЕМ ФИНАНСИРОВАНИЯ на 2012 г., (руб.)</b>		<b>ГОДА НАЧАЛА ПРОЕКТА</b>	<b>ГОДА ОКОНЧАНИЯ ПРОЕКТА</b>
350000,00		2012	2013
<b>ЧИСЛО УЧАСТНИКОВ ПРОЕКТА (включая руководителя)</b>  1	<b>ЧИСЛО УЧАСТНИКОВ, ИМЕЮЩИХ УЧЕНУЮ СТЕПЕНЬ</b>  0		<b>ЧИСЛО МОЛОДЫХ (до 35 лет включительно) УЧАСТНИКОВ</b>  1
<b>"ИСПОЛНИТЕЛИ ПРОЕКТА СОГЛАСНЫ С УСЛОВИЯМИ КОНКУРСОВ РФФИ, В ТОМ ЧИСЛЕ С ОПУБЛИКОВАНИЕМ (В ПЕЧАТНОЙ И ЭЛЕКТРОННЫХ ФОРМАХ) АННОТАЦИЙ, НАУЧНЫХ ОТЧЕТОВ И ПЕРЕЧНЯ ПУБЛИКАЦИЙ ПО ПРОЕКТУ"</b>			
<b>ФАМИЛИЯ, ИМЯ, ОТЧЕСТВО ОСНОВНЫХ ИСПОЛНИТЕЛЕЙ (полностью)</b>			
<b>ПОДПИСЬ РУКОВОДИТЕЛЯ ПРОЕКТА</b>		<b>ДАТА ПОДАЧИ ЗАЯВКИ</b>	

## ЗАЯВКА ПО ПРОЕКТУ 12-01-31375

### ФОРМА 1. ДАННЫЕ О ПРОЕКТЕ

- 1.1.1. **Название проекта**  
Статическое метапрограммирование и обобщённое программирование в задачах компьютерной алгебры и вычислительной алгебраической геометрии
- 1.1.2. **Название проекта**  
Static metaprogramming and generic programming in computer algebra and computational algebraic geometry
- 1.2.1. **Вид конкурса**  
мол\_а Конкурс научных проектов, выполняемых молодыми учеными (Мой первый грант)
- 1.2.2. **Область знания**  
01 - МАТЕМАТИКА, МЕХАНИКА И ИНФОРМАТИКА
- 1.3.1. **Научная дисциплина – основной код**  
01-208 Программные модели и системы
- 1.3.2. **Научная дисциплина – дополнительные коды**  
01-114 Дискретная математика и математическая кибернетика
- 1.4. **Ключевые слова**  
метапрограммирование, обобщённое программирование, компьютерная алгебра, вычислительная алгебраическая геометрия
- 1.5. **Аннотация**  
В работе предполагается развить имеющиеся и разработать новые методы статического метапрограммирования и обобщённого программирования в задачах компьютерной алгебры и вычислительной алгебраической геометрии с использованием языка программирования C++.
- 1.6. **Количество основных исполнителей**  
1
- 1.7. **Сроки выполнения**  
2012 - 2013

Подпись руководителя проекта

## ФОРМА 2. ДАННЫЕ О РУКОВОДИТЕЛЕ И ОСНОВНЫХ ИСПОЛНИТЕЛЯХ

- 2.1.1.1. **Фамилия**  
Пеленицын
- 2.1.1.2. **Имя**  
Артем
- 2.1.1.3. **Отчество**  
Михайлович
- 2.1.2.1. **Фамилия**  
Pelenitsyn
- 2.1.2.2. **Имя**  
Artem
- 2.1.2.3. **Отчество**  
Mihailovich
- 2.2.1. **Дата рождения**  
24.09.1986
- 2.2.2. **Пол**  
Мужской
- 2.3.1. **Ученая степень**  
без ученой степени
- 2.3.2. **Год присуждения ученой степени**
- 2.4.1. **Ученое звание**  
без ученого звания
- 2.4.2. **Год присвоения ученого звания**
- 2.5.1. **Полное название организации – основного места работы (учебы)**  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Южный федеральный университет»
- 2.6. **Должность**  
асп.
- 2.7.1. **Область научных интересов (ключевые слова)**  
помехоустойчивое кодирование, статическое метапрограммирование, обобщённое программирование
- 2.7.2. **Область научных интересов (коды по классификатору)**  
01-208, 01-114
- 2.8. **Общее число публикаций**  
10
- 2.9.1. **Почтовый индекс адреса для связи**  
344092
- 2.9.2. **Адрес для связи**  
ул. Волкова 5/3, кв. 57
- 2.9.3. **Почтовый индекс рабочего адреса**  
344006
- 2.9.4. **Рабочий адрес**  
г. Ростов-на-Дону, ул. Большая Садовая, д.105/42
- 2.10. **Телефон рабочий**  
(863)2633158
- 2.11. **Телефон для связи**  
89612902878
- 2.13. **Электронный адрес**  
apel@sfedu.ru
- 2.14. **Участие в проекте**  
Р
- 2.15. **Участие в других проектах, поддерживаемых в настоящее время РФФИ или другими организациями**
- 2.18. **Научные достижения (премии, награды, гранты)**  
Лауреат стипендии Фонда целевого капитала «Образование и наука в ЮФО»

Участник проекта сообщает свои личные данные Фонду и согласен на использование этих данных для информационного и финансового сопровождения своего проекта.

Подпись участника проекта.

### **ФОРМА 3. ДАННЫЕ ОБ ОРГАНИЗАЦИИ, В КОТОРОЙ РЕАЛИЗУЕТСЯ НАУЧНЫЙ ПРОЕКТ**

- 3.1. Сокращенное название**  
ЮФУ
- 3.2.1. Полное название**  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Южный федеральный университет»
- 3.2.2. Полное название на английском языке:**  
Southern Federal University
- 3.3. Ведомственная принадлежность**  
Федеральное агентство по образованию
- 3.4.1. Почтовый индекс**  
344006
- 3.4.2. Почтовый адрес**  
г. Ростов-на-Дону, ул. Большая Садовая, д.105/42
- 3.5. Город, населенный пункт**  
Ростов-на-Дону
- 3.6. Код региона**  
58 - Ростовская область
- 3.8. ИНН (идентификационный номер налогоплательщика) организации**  
6163027810

## Форма 4. Содержание проекта

### 4.1. **Фундаментальная научная проблема, на решение которой направлен проект**

Научная проблема, к которой относится тематика научно-исследовательской работы состоит в развитии методов разработки программного обеспечения, в первую очередь наукоёмкого ПО, которые направлены на повышение уровня абстракций, являющихся основной программных компонент.

### 4.2. **Актуальность и современное состояние исследований по данной научной проблеме**

Актуальность научно-исследовательской работы. На сегодняшний день существует ряд программных систем и библиотек программного кода, решающих задачи из области компьютерной алгебры и вычислительной алгебраической геометрии. К первым можно отнести Maple, MATLAB, Wolfram Mathematica, GNU Octave, Sage и др., ко вторым: NTL, GUAVA, Leda и др. Функциональность таких продуктов постоянно расширяется, однако не во всём успевает за прогрессом в фундаментальных областях науки. В этой ситуации особенно остро стоит вопрос о наличии программных компонент, обладающих свойством высокой повторной используемости, что означало бы возможность доработки и реализации алгоритмов, интересных исследователям в каждой конкретной области знания (бионформатике, помехоустойчивом кодировании, цифровой обработке сигналов). Существенная часть из первой группы продуктов является программным обеспечением с закрытым исходным кодом и доступна лишь для непосредственного использования в REPL (read-eval-print loop) стиле или через сценарии, создаваемые на относительно низкоуровневом языке программирования (хоты бы и предоставляющем возможность использования реализованных в конкретном пакете компонент), что не позволяет проектировать достаточно сложные алгоритмы на высоком уровне абстракции.

Императивный стиль, присущий большинству упомянутых сред, поощряет рассуждения в машинно-ориентированных терминах (циклы, условия, ячейки памяти), нежели в терминах моделируемой предметной области (многочлены, операторы, точки целочисленной решётки) и высокоуровневых средств конструирования алгоритмов, выраженных, например, в таком инструменте, как функции высших порядков. Реализация сложных математических конструкций облегчается использованием декларативных языков и сред программирования, одновременно имеющих хорошие средства построения повторно используемых абстракций. Такое сочетание языковых средств, дополненное высокими характеристиками производительности, явление довольно редкое. Язык программирования C++, если использовать широкий спектр его возможностей, может быть отнесён к последним по следующим причинам. Во-первых, C++ высоко переносимый язык (имеются компиляторы для многих платформ), что делает создаваемые программные компоненты широко доступными. Во-вторых, генерируемый программный код является «родным» (native) для каждой конкретной платформы и потому позволяет добиться высоких показателей производительности. В-третьих, C++ является мультипарадигменным языком, позволяющим использовать широкий спектр средств для повышения выразительности исходного кода. В-четвёртых, значительная часть имеющихся реализаций понятий и алгоритмов компьютерной алгебры и вычислительной алгебраической геометрии использует язык C++, что позволяет при необходимости подключать соответствующие библиотеки максимально прозрачно.

Новизна научно-исследовательской работы. Библиотеки программного кода, предоставляющие базовые средства и реализации алгоритмов из соответствующих областей, зачастую используют язык программирования C++ в объёме, который принято называть «улучшенным C». Много работы требуется выполнить на пути применения относительно продвинутых средств C++, которые часто обозначают как «modern C++», а именно механизм шаблонов и связанные с ним методы разработки программного обеспечения, статическое метапрограммирование и обобщённое программирование, в том числе, с использованием средств, введённых в новый стандарт языка C++11. Такая работа позволит выйти на новый уровень обобщённости и повторной используемости создаваемых программных компонент. Данные методы предполагается направить как на решение известных задач, так и на реализацию новых достижений (понятий и алгоритмов) из областей компьютерной алгебры и вычислительной алгебраической геометрии.

### 4.3. **Конкретная фундаментальная задача в рамках проблемы, на решение которой направлен проект**

Конкретная фундаментальная задача состоит в развитии существующих и разработке новых методов статического метапрограммирования и обобщённого программирования на языке

C++ с использованием механизма шаблонов для решения ряда задач из области компьютерной алгебры и вычислительной алгебраической геометрии.

#### **4.4. Предлагаемые методы и подходы (с оценкой степени новизны)**

1. Рекурсивное инстанцирование шаблонов. Рекурсия является одним из фундаментальных принципов проектирования алгоритмов. В условиях статического метапрограммирования она позволяет генерировать на этапе компиляции достаточно сложные структуры данных и, одновременно, алгоритмы их обрабатывающие, а также производить некоторые вычисления. Последнее представляет хорошие возможности для проектирования удобных интерфейсов библиотек с реализацией арифметики конечных полей.

2. Методы обобщённого программирования, предоставляемые языком C++ и увеличивающие повторную используемость кода, такие как характеристики типов и классы стратегий. Первое представляет собой гибкий метод предоставления информации о типах данных (возможно, взятых из внешних библиотек программного кода). Второе — способ выделения ортогональной функциональности в рамках проектируемого типа данных, и соответствующую параметризацию (возможность предоставлять различные реализации данной функциональности).

3. Методы обобщённого программирования и статического метапрограммирования, реализованные в новом стандарте языка, C++11, и библиотеке Boost, такие как Boost.Iterators и Boost.MPL (Metaprogramming Library).

4. Методы функционального программирования, предоставляемые новым стандартом языка, C++11, а также коллекцией библиотек Boost, в том числе, использование лямбда-функций.

#### **4.5. Ожидаемые научные результаты, которые планируется получить по завершению проекта**

Основные научные результаты, которые планируется решить в научно-исследовательской работе:

1. Модификация имеющейся реализации арифметики многочленов многих переменных, выполненной с использованием методов обобщённого и статического метапрограммирования, с целью внедрения более продвинутых техник, реализующих данные подходы, таких как шаблоны выражений (expression templates).

2. Разработка программных компонент, которые могут лечь в основу новой библиотеки конечных полей, характеризующейся более высокой степенью обобщённости и повторной используемости.

3. Обеспечение совместимости имеющейся реализации арифметики многочленов многих переменных с создаваемыми компонентами, которые реализуют арифметику конечных полей.

4. Проектирование на базе имеющей реализации BMS-алгоритма, выполненной с использованием методов статического метапрограммирования и обобщённого программирования, реализаций помехоустойчивых и криптографических систем.

5. Проектирование на базе имеющейся реализации арифметики многочленов многих переменных, выполненной с использованием методов обобщённого и статического метапрограммирования, реализации алгоритмов из теории базисов Грёбнера.

#### **4.6. Имеющийся у коллектива научный задел по предлагаемому проекту: полученные ранее результаты (с оценкой степени оригинальности), разработанные методы (с оценкой степени новизны)**

Была реализована библиотека арифметики многочленов многих переменных, BMS-алгоритм и алгоритм декодирования на его основе. В процессе реализации был развит ряд методов обобщённого программирования и статического метапрограммирования, в том числе, исследованы и частично решены проблемы, найденные в известных методах. Последнее нашло отражение в пяти публикациях, в том числе, двух в журналах списка ВАК, а также в докладах на двух международных конференциях.

#### **4.7. Список основных публикаций коллектива, наиболее близко относящихся к предлагаемому проекту (каждая с новой строки)**

Пеленицын А.М. Методы обобщенного и метапрограммирования в программной реализации декодера алгебро-геометрических кодов Прикладная информатика. - Москва: Market DS Corporation, 2012. - 2: - стр. 60-70. ISSN 1993-8314.

Пеленицын А.М. Об использовании одного приёма метапрограммирования Математика и её приложения. 2011. - 1: - стр. 79-84.

Пеленицын А.М. О реализации n-мерного BMS-алгоритма средствами обобщённого программирования Труды научной школы И.Б. Симоненко. 2010. - стр. 197-203.

Пеленицын А.М. Реализация программного алгебро-геометрического кода с применением алгоритма Сакаты Известия ЮФУ. Технические науки. - Таганрог: ТТИ ЮФУ, 2008. - стр. 196-198.

Пеленицын А.М. О программной реализации алгебро-геометрического кода с применением алгоритма Сакаты Материалы X Международной научно-практической конференции "Информационная безопасность". - Таганрог: ТТИ ЮФУ, 2008. - стр. 55-57.

Пеленицын А.М. Программная реализация декодера одного класса помехоустойчивых кодов на алгебраических кривых: проектирование на основе шаблонов обобщённого и мета-программирования Друга міжнародна науково-практична конференція FOSS Lviv 2012: Збірник наукових праць / Львів, 26-28 квітня 2012 р. Під ред. Злобін Г.Г., Апунович С.Є., Апунович С.В., Ванькевич Д.Є.. 2012. - стр. 94-95.

#### 4.8. **Календарный план работ на весь срок выполнения проекта**

Вторая половина 2012 года: модификация имеющейся реализации арифметики многочленов многих переменных с целью внедрения более продвинутых техник, реализующих рассматриваемые подходы; разработка программных компонент, которые могут лечь в основу новой библиотеки конечных полей, характеризующейся более высокой степенью обобщённости и повторной используемости; обеспечение совместимости имеющейся реализации арифметики многочленов многих переменных с создаваемыми компонентами, которые реализуют арифметику конечных полей.

Первая половина 2013 года: проектирование на базе имеющей реализации BMS-алгоритма реализаций помехоустойчивых и криптографических систем.

Вторая половина 2013 года: проектирование на базе имеющейся реализации арифметики многочленов многих переменных реализации алгоритмов из теории базисов Грёбнера.

#### 4.9. **Финансово-экономическое обоснование расходов по проекту**

Заработная плата - 25%

Накладные расходы - 20%

Прочие выплаты - 10%

Услуги связи - 5%

Транспортные услуги - 20%

Прочие работы, услуги - 15%

Прочие расходные материалы и предметы снабжения - 5%

#### 4.10. **Перечень оборудования и материалов, которые планируется дополнительно приобрести, изготовить или отремонтировать для успешного выполнения проекта; обосновать необходимость его приобретения**

Не предусмотрено