

Подписано электронной подписью:  
Вержицкий Данил Григорьевич  
Должность: Директор КГПИ ФГБОУ ВО «КемГУ»  
Дата и время: 2024-02-21 00:00:00  
471086fad29a3b30e244c728abc3661ab35c9d50210dcf0e75e03a5b6fdf6436  
Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Кемеровский государственный университет»  
Новокузнецкий институт (филиал)

Факультет физики, информатики, математики и экономики  
Кафедра математики, физики и математического моделирования

*Каледин Валерий Олегович*

**ОРГАНИЗАЦИЯ И ПЛАНИРОВАНИЕ  
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ**

*Методические указания для выполнения курсовой работы  
обучающихся по направлению подготовки  
01.04.02 Прикладная математика и информатика*

*Направленность (профиль) подготовки академической магистратуры  
«Математическое моделирование»*

Год набора - 2020

Новокузнецк – 2020

**Каледин В.О. (сост.)**

Организация и планирование научно-исследовательской работы: метод. указ. для выполнения курсовой работы обучающихся по направлению подготовки 01.04.02 «Прикладная математика и информатика» (уровень магистратуры) / В.О. Каледин. - Новокузнецк ин-т (фил.) Кемеров. гос. ун-та. – Новокузнецк: НФИ КемГУ, 2020. – 15 с. - Текст: непосредственный.

В настоящих методических указаниях для студентов представлена специфика выполнения курсовой работы по учебной дисциплине «Организация и планирование научно-исследовательской работы». Рассмотрена организация работы обучающихся над курсовой работой, в том числе внеаудиторной. Охарактеризованы особенности планирования выполнения курсовой работы (формулировка цели, постановка задач, составление технического задания и др.)

Рекомендовано  
на заседании кафедры  
математики, физики и математического  
моделирования  
22 октября 2020г.  
Заведующий кафедрой



/ Е.В. Решетникова

Каледин В.О., 2020  
Федеральное государственное  
бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Кемеровский государственный  
университет», Новокузнецкий  
институт (филиал), 2020

Текст представлен в авторской редакции

## **ОГЛАВЛЕНИЕ**

|                                                          |   |
|----------------------------------------------------------|---|
| ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА .....                              | 4 |
| 1. СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОЙ РАБОТЫ.....                       | 5 |
| 2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К РАЗДЕЛАМ КУРСОВОЙ РАБОТЫ..... | 6 |
| 3. СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....          | 7 |
| 4. ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОЙ РАБОТЫ.....                | 8 |

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Настоящие методические указания для выполнения курсовой работы по учебной дисциплине «Организация и планирование научно-исследовательской работы» подготовлены в соответствии с учебным планом направления подготовки 01.04.02 «Прикладная математика и информатика» (уровень магистратуры) и рабочей учебной программы по дисциплине.

Дисциплина изучается в семестрах 1 и 2 магистрантами очной и очно-заочной форм обучения.

*Цель учебной дисциплины* - формирование профессиональных знаний, умений и навыков проведения самостоятельных научных исследований.

*В результате изучения данной учебной дисциплины обучающийся должен быть способен:*

- проводить научно-исследовательские и опытно-конструкторские разработки при исследовании самостоятельных тем (ПК-1).

*Студент, изучивший дисциплину «Организация и планирование научно-исследовательской работы», должен:*

*знать:*

- понятие нового научного результата в области прикладной математики и информатики;
- порядок и особенности проведения научного исследования самостоятельно и в составе научного коллектива;

*уметь:*

- составлять научные обзоры, рефераты и библиографии по тематике проводимых исследований;
- готовить научные и научно-технические публикации по тематике проводимых исследований;

*владеть:*

- навыками организованной коммуникации в научных семинарах, научно-тематических конференциях, симпозиумах;
- способностью проводить научные исследования и получать новые научные и прикладные результаты самостоятельно и в составе научного коллектива.

При реализации учебной дисциплины «Семинар по научно-исследовательской работе» предусматривается выполнение курсовой работы во 2-м семестре. На курсовую работу отводится 10 часов самостоятельной работы магистранта.

## **1. СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОЙ РАБОТЫ**

Курсовая работа по дисциплине «Организация и планирование научно-исследовательской работы» является структурно обособленной составной частью научно-исследовательской работы магистранта и направлена на формирование умений и навыков организации и планирования самостоятельной исследовательской работы.

Объект и предмет планируемого исследования определяются в соответствии с планом научно-исследовательской работы магистранта.

Рекомендуемые темы курсовой работы:

Планирование исследования объекта (в соответствии с темой НИР магистранта) методом вычислительного эксперимента.

Планирование исследования алгоритма решения прикладной задачи моделирования в соответствии с темой НИР магистранта.

Планирование модификации типовой математической модели применительно к объекту исследования в соответствии с темой НИР магистранта.

Планирование модернизации и исследования прикладной программы для вычислительного эксперимента в соответствии с темой НИР магистранта.

Курсовая работа должна включать следующие разделы:

1. Краткий обзор состояния вопроса по теме исследования.
2. Обоснование актуальности планируемой работы.
3. Формулировка цели и задач исследования.
4. Планируемые результаты.
5. Планируемый метод и этапы его применения.
6. Ресурсы исследования: календарный план, информационные и материальные (в том числе компьютерные) ресурсы.

## **2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К РАЗДЕЛАМ КУРСОВОЙ РАБОТЫ**

### **2.1. Объект, предмет и тема планируемого исследования**

При выполнении необходимо обсудить объект и предмет исследования с руководителем НИР магистранта. Рекомендуется в рамках курсовой работы планировать выполнение части НИР, наиболее существенной для первого года исследования.

### **2.2. Краткий обзор по теме исследования и обоснование актуальности**

При выполнении краткого обзора необходимо сформировать библиографический список (10-12 публикаций) из важнейших основополагающих работ и публикаций последних лет. Каждая рассматриваемая публикация должна быть охарактеризована с позиций её возможной роли в планируемом исследовании, достоинств и недостатков (2-3 предложения). Характеристика литературного источника должна использоваться при обосновании актуальности планируемой работы.

Пример краткого обзора по теме исследования приведен в приложении.

### **2.3. Формулировка цели и задач исследования**

При формулировке цели и задач планируемого исследования необходимо:

- вначале предложить собственный вариант формулировок;
- обсудить их с научным руководителем и при необходимости уточнить.

Цель должна быть достижимой в течение НИР магистранта. Задачи должны приводить к достижению цели планируемой работы.

### **2.4. Планируемые результаты**

Должны быть запланированы:

- результаты интеллектуальной деятельности (например, математическая модель, алгоритм, численная схема, программа для ЭВМ);
- публикации и публичные выступления по теме НИР магистранта.

### **2.5. Планируемый метод и этапы его применения**

Следует охарактеризовать метод решения задачи, который планируется использовать.

Если предполагается использовать нетривиальный многошаговый метод, приводится характеристика каждого этапа в отдельности.

### **2.6. Ресурсы исследования**

Планируемые ресурсы состоят из временных, информационных и материальных ресурсов.

Временные ресурсы характеризуются календарным планом. Работа должна быть разделена на этапы: как минимум – по семестрам, но можно планировать и большее число этапов меньшей продолжительности.

Информационные ресурсы – это книги, публикации в периодике, электронные ресурсы, специализированные или универсальные компьютерные программы. Учитываются также учебные материалы кафедры и других подразделений университета. Планируемые ресурсы должны быть доступны для магистранта.

Материальные ресурсы – для теоретических (расчётных) работ ограничиваются используемой компьютерной техникой. В случае экспериментальных исследований включают также лабораторное оборудование. Если эксперименты проводятся на производственной научно-исследовательской практике, планируется использовать оборудование базы практики (по согласованию с руководителем НИР магистранта).

### **2.7. Заключение**

В заключении делаются общие выводы по курсовой работе.

### **3. СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ**

#### **Основная учебная литература:**

1. Кукушкина, В.В. Организация научно-исследовательской работы студентов (магистров) [Электронный ресурс]: Учебное пособие. - Москва : ООО "Научно-издательский центр ИНФРА-М", 2021. - 264 с. – Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/document?id=361222>

2. Исакова, А.И. Научная работа [Электронный ресурс]: учебное пособие / А.И. Исакова ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Томский Государственный Университет Систем Управления и Радиоэлектроники (ТУСУР). - Томск: ТУСУР, 2016. - 109 с. Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=480807>

#### **Дополнительная учебная литература:**

1. Кузнецов, И.Н. Основы научных исследований [Электронный ресурс]: Учебное пособие / И.Н. Кузнецов. – 5-е изд., перераб. – Москва : Дашков и К°, 2020. – 282 с. – Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=573392>

2. Даниленко, О.В. Теоретико-методологические аспекты подготовки и защиты научно-исследовательской работы [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие / О.В. Даниленко, И.Н. Корнева, Тихонова Я.Г.— Москва : ФЛИНТА, 2016. — 182 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/83895>.

3. Ишина, И.В. Финансирование научно-исследовательских работ: российский и зарубежный опыт [Электронный ресурс]: монография / И.В. Ишина, В.В. Завгородняя. — Москва : Дашков и К, 2016. — 162 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/94039>

4. Рыжков, И.Б. Основы научных исследований и изобретательства [Электронный ресурс] : учебное пособие / И.Б. Рыжков.— Санкт-Петербург: Лань, 2013. — 224 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/30202>.

#### **4. ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОЙ РАБОТЫ**

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Кемеровский государственный университет»  
Новокузнецкий институт (филиал)

Факультет физики, информатики, математики и экономики  
Кафедра математики, физики и математического моделирования

#### **ПЛАНИРОВАНИЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ В КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛАХ**

*Курсовая работа по дисциплине  
«Организация и планирование научно-исследовательской работы»*

*Направление подготовки  
01.04.02 Прикладная математика и информатика*

*Направленность (профиль) подготовки академической магистратуры  
«Математическое моделирование»*

*Выполнил: студент группы ПММ-20  
Иванов Иван Иванович*

*Проверил:*



## ОГЛАВЛЕНИЕ

|                                                               |                                 |
|---------------------------------------------------------------|---------------------------------|
| 1. Краткий обзор состояния вопроса по теме исследования ..... | Ошибка! Закладка не определена. |
| 2. Обоснование актуальности планируемой работы .....          | Ошибка! Закладка не определена. |
| 3. Формулировка цели и задач исследования .....               | Ошибка! Закладка не определена. |
| 4. Планируемые результаты .....                               | Ошибка! Закладка не определена. |
| 5. Планируемый метод и этапы его применения .....             | Ошибка! Закладка не определена. |
| 6. Ресурсы исследования .....                                 | Ошибка! Закладка не определена. |
| 6.1. Календарный план .....                                   | Ошибка! Закладка не определена. |
| 6.2. Информационные ресурсы .....                             | Ошибка! Закладка не определена. |
| 6.3. Материальные ресурсы .....                               | Ошибка! Закладка не определена. |
| Заключение .....                                              | Ошибка! Закладка не определена. |

## **1. КРАТКИЙ ОБЗОР СОСТОЯНИЯ ВОПРОСА ПО ТЕМЕ ИССЛЕДОВАНИЯ**

Наиболее значимы с точки зрения задач настоящей работы тепловые явления, вызванные накоплением разрушений.

В рассматриваемом диапазоне температур в полимерных композиционных материалах не происходят химические процессы, т.е. материал можно считать химически инертным. Поэтому тепловые процессы сводятся к выделению тепла, теплопередаче в объеме материала и теплоотдаче в окружающую среду.

Задачи теплопередачи достаточно хорошо изучены, как при постоянных, так и при переменных коэффициентах теплопроводности [1, 2]. С принципиальной точки зрения не представляет сложности расчет температурного поля, если теплофизические характеристики материала, форма элемента конструкции, начальные условия и условия теплообмена известны. Такой расчет выполняется путем решения начально-краевой задачи теплопроводности [1]. Особенностью композиционных материалов является анизотропия, которая должна быть учтена в уравнении теплопроводности.

Изменение температуры приводит к появлению температурных напряжений, которые дополнительно изменяют напряженно-деформированное состояние. Таким образом, задача получается связанной: температурное поле зависит от напряженно-деформированного состояния, а оно само зависит от температуры. Аналогичная ситуация возникает при учете влияния температурных деформаций на тепловые потоки в рамках связанной задачи термоупругости [3; 4], но связанность в указанных случаях возникает как следствие изменения метрического тензора при деформации, а различие решений связанной и несвязанной задачи заметно только при высоких температурах.

Аналитическое решение связанной задачи затруднено. Этим определяется необходимость использования численных методов решения и соответствующих программных средств.

Среди прикладных пакетов численного анализа, широко применяющихся для исследований и проектирования различных конструкций и предоставляющих возможность решения связанных задач, наибольшую известность получили такие программы, как ANSYS, ADINA, ABAQUS, COMSOL, LS-DYNA, NASTRAN.

Программная система ANSYS [5] имеет многоцелевую направленность, поддержку широкого набора сопряженных областей физики, возможность использования модели, созданной на PC на суперкомпьютере, при этом интерфейс программы достаточно сложный, а код программы закрыт.

Конечно-элементный комплекс ABAQUS [6, 7] построен по модульному принципу и также предоставляет возможность решения связанных задач в области прочности конструкций для следующих типов анализа: тепло - механика; тепло - электричество; поток в пористой среде - механика, напряжения - диффузия массы, пьезоэлектрика, акустика - вибрации, позволяя учесть как физические, так и геометрические нелинейности.

Пакет программ ADINA [8] предоставляет возможность решения связанных задач конструкция-жидкость и конструкция-тепло. Данный программный продукт имеет доступную теоретическую базу в виде трудов профессора Массачусетского технологического университета Клауса Юргена Бейфа [9, 10], но код программы в то же время остается закрытым.

Для решения связанных задач в программном пакете COMSOL Multiphysics не требуется глубокого знания математической физики и метода конечных элементов, так как его встроенные физические режимы предусматривают задание понятных физических свойств и условий (коэффициентов теплопроводности, теплоемкости, теплоотдачи, объемной мощности и т.д.); преобразование этих параметров в коэффициенты дифференциальных уравнений в частных

производных также происходит автоматически. Работа с программой может осуществляться двумя способами: через графический интерфейс пользователя, либо с использованием скриптов на языке COMSOL Script или на языке MATLAB. Для расчета связанных задач используется взаимодействие между специализированными модулями.

Пакет прикладных программ LS-DYNA [11] предназначен для анализа высоконелинейных и быстротекущих процессов в задачах механики твердого и жидкого тела, эффективного численного моделирования высоконелинейных термомеханических задач, таких как процессы обработки металлов давлением, ударно-контактные взаимодействия с разрушением, сейсмические и взрывные воздействия на конструкцию, квазистатическое нагружение, анализ повреждений, развитие трещин, падение и пробивание. Программный код LS-DYNA полностью распараллелен и векторизован, программа имеет доступ практически ко всем препроцессорам конечно-элементных моделей, большинству известных конечно-элементных пакетов (в т.ч. прямой к ANSYS и NASTRAN), CAD-системам.

Наряду с перечисленными программными комплексами, в задачах исследовательского характера часто применяются специально разработанные авторские программы, часто имеющие достаточно развитые инструментальные средства. Так, исследовательский пакет прикладных программ «Композит НК» [12, 13] имеет частично открытый код, включающий средства визуального программирования, справочно-информационную систему поддержки открытого кода и контроля релевантности, библиотеку функциональных объектов, а также средства подготовки исходных данных и представления результатов вычислительного эксперимента.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ К ОБЗОРУ

1. Лыков, А.В. Теория теплопроводности / А.В. Лыков – М.: Высш школа, 1967. – 599 с.
2. Подстригач, Я.С. Термоупругость тел при переменных коэффициентах теплоотдачи / Я.С. Подстригач, Ю.М. Коляно, В.И. Громовык, В.Л. Лобзень. – Киев: Наукова думка, 1977. – 159 с.
3. Андреев, А.Н. Упругость и термоупругость слоистых композитных оболочек. Математическая модель и некоторые аспекты численного анализа / А.Н. Андреев. – Saarbrücken, Deutschland: Изд-во Palmarium Academic Publishing, 2013. – 93 с.
4. Коваленко, А.Д. Термоупругость / А.Д. Коваленко. – Киев: Вища школа, 1975. – 216 с.
5. Морозов, Е.М. ANSYS в руках инженера: Механика разрушения / Е.М. Морозов, А.Ю. Муйземнек, А.С. Шадский. – М.: ЛЕНАНД, 2010. – 456 с.
6. Abaqus. Применение комплекса в инженерных задачах. – М.: ТЕСИС, 2008. – 99 с.
7. SIMULIA Abaqus: CAE User's Manual v 6.7 – 2008. – 773 p.
8. ADINA Multiphysics [Электронный ресурс]: официальный сайт программы ADINA. – Режим доступа: <http://www.adina.com/multiphysics.shtml>
9. Bathe, K.J. Finite Element Procedures / K.J. Bathe. – PRENTICE HALL, Upper Saddle River, New Jersey, 1996. – 1038 p.
10. Bathe, K.J. Numerical methods in finite element analysis / K.J. Bathe. – PRENTICE HALL, Upper Saddle River, New Jersey, 1976. – 528 p.
11. LS-DYNA [Электронный ресурс]: официальный сайт Livermore Software Technology Corporation. – Режим доступа: <http://www.lstc.com/products/ls-dyna>
12. Миткевич, А.Б. Среда визуального формирования исходной модели для конечно-элементных расчетов // Информационные технологии и программирование. Вып. 1(10). Часть 2. / А.Б. Миткевич, В.О. Каледин, Вл.О. Каледин, А.Ю. Марченко – М.: Московский государственный индустриальный университет, 2004. – С. 27-30.
13. Нагайцева, Н.В. Особенности построения математических моделей в программном комплексе «Композит-НК» / Н.В. Нагайцева, Е.В. Равковская // Наука и бизнес: пути развития. – 2013. – № 10(31) – С. 48-51.

## **2. ОБОСНОВАНИЕ АКТУАЛЬНОСТИ ПЛАНИРУЕМОЙ РАБОТЫ**

Как показано в обзоре, в настоящее время отсутствуют апробированные математические модели, описывающие тепловыделение при статическом нагружении композиционных материалов с накоплением микрповреждений, причем построение таких моделей и идентификация их параметров должны оперативно выполняться для конкретных видов используемых конструкционных материалов. Поэтому планируемое исследование актуально.

## **3. ФОРМУЛИРОВКА ЦЕЛИ И ЗАДАЧ ИССЛЕДОВАНИЯ**

Цель планируемой работы - разработка программно-методического обеспечения для математического моделирования связанных процессов накопления микрповреждений и выделения тепла при необратимой деформации композиционного материала

Для достижения указанной цели необходимо решить следующие задачи:

- 1) Построение математической модели изменения механических и термодинамических переменных состояния полимерного композиционного материала при статическом нагружении.
- 2) Разработка численной схемы, методики и программного обеспечения для расчета температурных полей при статическом нагружении пластин с концентраторами напряжений.
- 3) Разработка алгоритмов и программного обеспечения для идентификации параметров модели по данным испытаний образцов на одноосное растяжение с постоянной скоростью деформации.
- 4) Апробация разработанной модели, алгоритмов и компьютерных программ на данных натурального эксперимента по измерению температурных полей в образцах из органопластика.

## **4. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ**

Планируется получить следующие результаты:

- математическая модель теплообмена при деформировании армированного композиционного материала, характеризующаяся учетом физической нелинейности и необратимости деформирования;
- численная схема начально-краевой задачи теплообмена при квазистатическом деформировании с накоплением микрповреждений;
- алгоритм и компьютерная программа для расчета температурных полей в изделиях из полимерных композиционных материалов.

По результатам исследования планируется подготовить:

- заявку на регистрацию программы для ЭВМ;
- публикацию в научной периодике;
- 2 доклада на студенческих научных конференциях.

## 5. ПЛАНИРУЕМЫЙ МЕТОД И ЭТАПЫ ЕГО ПРИМЕНЕНИЯ

Планируется использование:

- численных методов решения краевых задач и вычислительной математики;
- методов алгоритмизации и объектно-ориентированного программирования.

Построение численной схемы планируется на основе совмещения сеточных методов: конечных элементов – для дискретизации уравнений по пространственным координатам, конечных разностей – для дискретизации по времени.

При алгоритмизации планируется использовать парадигму функционально-объектного программирования.

## 6. РЕСУРСЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

### 6.1. Календарный план

Работа планируется 2 3 этапа, перечисленные в следующей таблице.

| № этапа | Содержание этапа                                                                                        | Сроки выполнения<br>(начало, конец)      |
|---------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| 1       | Разработка математической модели теплообмена при деформировании армированного композиционного материала | (сроки начала и окончания 2-го семестра) |
| 2       | Разработка алгоритма решения и компьютерной программы                                                   | (сроки начала и окончания 3-го семестра) |
| 3       | Исследование свойств математической модели и алгоритма, верификация результатов                         | (сроки начала и окончания 4-го семестра) |

### 6.2. Информационные ресурсы

Перечень использованных литературных источников приведен в конце краткого обзора.

Планируется использовать специализированные компьютерные программы, имеющиеся в НФИ КемГУ: среда программирования C++, «Алгозит», а также офисные и математические программы.

### 6.3. Материальные ресурсы

Планируется использовать:

- ПК Pentium III с операционной системой Windows 10;
- компьютерную сеть НФИ КемГУ;
- периферийные устройства и оргтехнику НФИ КемГУ.

## **7. ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В результате выполнения курсовой работы получен план выполнения НИР (*части НИР*) «Моделирование тепловых процессов в композиционных материалах». Планируемая НИР является теоретической. Определены цель, задачи, продолжительность, требуемые ресурсы и планируемые результаты НИР.