

**Министерство науки и высшего образования РФ**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«Национальный исследовательский университет «МЭИ»**

---

Направление подготовки/специальность: 13.04.03 Энергетическое машиностроение

Наименование образовательной программы: Газотурбинные, паротурбинные установки и двигатели

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

**Рабочая программа дисциплины**  
**МОДЕЛИРОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ЭЛЕМЕНТАХ**  
**ТУРБОМАШИН**

Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.Ч.12.01.01
Трудоемкость в зачетных единицах:	3 семестр - 3;
Часов (всего) по учебному плану:	108 часов
Лекции	3 семестр - 16 часов;
Практические занятия	не предусмотрено учебным планом
Лабораторные работы	3 семестр - 32 часа;
Консультации	проводится в рамках часов аудиторных занятий
Самостоятельная работа	3 семестр - 59,7 часа;
в том числе на КП/КР	не предусмотрено учебным планом
Иная контактная работа	проводится в рамках часов аудиторных занятий
включая: Тестирование Лабораторная работа	
Промежуточная аттестация:	
Зачет с оценкой	3 семестр - 0,3 часа;

Москва 2025

**ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:**

Преподаватель

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Тищенко В.А.
	Идентификатор	R4ea77783-TishchenkoVA-c16aaeb

В.А. Тищенко

**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель  
образовательной программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Митрохова О.М.
	Идентификатор	R1d0f453c-FichoriakOM-ee811867

О.М.  
Митрохова

Заведующий выпускающей  
кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Грибин В.Г.
	Идентификатор	R44612ca0-GribinVG-8231e2ff

В.Г. Грибин

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** изучение цепочки основных этапов проектирования элементов конструкции турбомашин с применением современных CAD/CAE методов.

### Задачи дисциплины

- использовать САПР при параметрическом проектировании элементов конструкции турбомашин «сверху вниз»;
- изучить процесс подготовки твердотельной модели для численного моделирования различных явлений;
- специфические особенности настройки и проведения газодинамического расчета в элементах проточных частей турбомашин.

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
РПК-5 Способен к научно-исследовательской деятельности в сфере энергетического машиностроения	ИД-1рпк-5 Выполняет теоретические и экспериментальные исследования процессов, происходящих в объектах профессиональной деятельности	знать: - основные инструменты и приемы 3D проектирования, применяемые для разработки конструкции элементов турбомашин; - основные модели описания взаимодействия подвижных и неподвижных элементов в проточных частях турбомашин при численных газодинамических расчетах.  уметь: - настраивать и проводить газодинамический расчет; - параметризировать и автоматизировать процесс газодинамического расчета; - подготавливать сложную геометрию реального объекта к проведению многодисциплинарных расчетов с применением численных методов; - проектировать элементы энергетического оборудования по принципу "сверху вниз" с учетом командной работы над проектом.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Газотурбинные, паротурбинные установки и двигатели (далее – ОПОП), направления подготовки 13.04.03 Энергетическое машиностроение, уровень образования: высшее образование - магистратура.

Базируется на уровне высшего образования (бакалавриат, специалитет).

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 часов.

№ п/п	Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы										Содержание самостоятельной работы/ методические указания	
				Контактная работа							СР				
				Лек	Лаб	Пр	Консультация		ИКР		ПА	Работа в семестре	Подготовка к аттестации /контроль		
КПР	ГК	ИККП	ТК												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
1	Современные подходы организации цикла жизнедеятельности изделия	8.7	3	2	-	-	-	-	-	-	-	6.7	-	<p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> самостоятельное изучение литературы (см. Методические указания РПД) <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [5], 14-34 [7], 25-52</p>	
1.1	Современные подходы организации цикла жизнедеятельности изделия	8.7		2	-	-	-	-	-	-	-	6.7	-		
2	Трехмерные системы автоматизированного проектирования (3D CAD)	36		4	12	-	-	-	-	-	-	20	-		<p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> самостоятельное изучение литературы (см. Методические указания РПД) <b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Подготовка к лабораторной работе 1 Подготовка к лабораторной работе 2 <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [3], стр. 56-87</p>
2.1	Трехмерные системы автоматизированного проектирования (3D CAD)	36		4	12	-	-	-	-	-	-	20	-		
3	Подготовка твердотельных моделей для проведения численного моделирования физических процессов	15		2	4	-	-	-	-	-	-	9	-		<p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> самостоятельное изучение литературы (см. Методические указания РПД) <b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Подготовка к лабораторной работе 3 <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b></p>
3.1	Подготовка	15	2	4	-	-	-	-	-	-	9	-			

	твердотельных моделей для проведения численного моделирования физических процессов												[5], 156-178
4	Модели описания взаимодействия «ротор-статор» для расчета многоступенчатых турбин	38	6	12	-	-	-	-	-	-	20	-	<b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Подготовка к лабораторной работе 4 Подготовка к лабораторной работе 5 <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> самостоятельное изучение литературы (см. Методические указания РПД) <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], стр. 185-210 [2], стр. 147-163 [6], 311-322
4.1	Модели описания взаимодействия «ротор-статор» для расчета многоступенчатых турбин	38	6	12	-	-	-	-	-	-	20	-	<b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Подготовка к лабораторной работе 6 <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> самостоятельное изучение литературы (см. Методические указания РПД) <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], стр. 233-258 [3], стр. 230-255 [4], 113-152
5	Сопряженный расчет. Моделирование охлаждаемых элементов проточной части газовой турбины	10	2	4	-	-	-	-	-	-	4	-	<b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Подготовка к лабораторной работе 6 <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> самостоятельное изучение литературы (см. Методические указания РПД) <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], стр. 233-258 [3], стр. 230-255 [4], 113-152
5.1	Сопряженный расчет. Моделирование охлаждаемых элементов проточной части газовой турбины	10	2	4	-	-	-	-	-	-	4	-	<b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Подготовка к лабораторной работе 6 <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> самостоятельное изучение литературы (см. Методические указания РПД) <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], стр. 233-258 [3], стр. 230-255 [4], 113-152
	Зачет с оценкой	0.3	-	-	-	-	-	-	-	0.3	-	-	
	<b>Всего за семестр</b>	<b>108.0</b>	<b>16</b>	<b>32</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>0.3</b>	<b>59.7</b>	<b>-</b>	
	<b>Итого за семестр</b>	<b>108.0</b>	<b>16</b>	<b>32</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>0.3</b>	<b>59.7</b>	<b>-</b>	

**Примечание:** Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПП – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

### **3.2 Краткое содержание разделов**

#### 1. Современные подходы организации цикла жизнедеятельности изделия

##### 1.1. Современные подходы организации цикла жизнедеятельности изделия

Системы управления жизненным циклом изделия (PLM). Системы автоматизированного твердотельного моделирования (CAD), системы инженерного анализа (CAE), системы управления производством изделия (CAM). Использование CAD/CAE/CAM в конвейере разработки изделия.

#### 2. Трехмерные системы автоматизированного проектирования (3D CAD)

##### 2.1. Трехмерные системы автоматизированного проектирования (3D CAD)

Применение САПР для проектирования элементов турбомашин. Основные функции создания сложных криволинейных поверхностей. Применение параметризации для автоматизации и унификации процесса проектирования. Проектирование «сверху вниз», применение командных подходов проектирования.

#### 3. Подготовка твердотельных моделей для проведения численного моделирования физических процессов

##### 3.1. Подготовка твердотельных моделей для проведения численного моделирования физических процессов

Особенности переноса геометрии модели в пакеты инженерного анализа. Основные инструменты работы при подготовке модели элемента турбомашин для численных исследований. Методы автоматизации инженерного анализа.

#### 4. Модели описания взаимодействия «ротор-статор» для расчета многоступенчатых турбин

##### 4.1. Модели описания взаимодействия «ротор-статор» для расчета многоступенчатых турбин

Применение методов вычислительной газодинамики для проведения моделирования в лопаточных машинах. Модели Frozen Rotor, Sliding Mesh, Reference Frame. Стационарный и нестационарный расчет многоступенчатой осевой машины. Особенности моделирования многоступенчатого осевого компрессора и многоступенчатой осевой турбины. Подготовка расчетной схемы для моделирования газодинамических явлений в многоступенчатой проточной части турбомашин.

#### 5. Сопряженный расчет. Моделирование охлаждаемых элементов проточной части газовой турбины

##### 5.1. Сопряженный расчет. Моделирование охлаждаемых элементов проточной части газовой турбины

Моделирование процессов теплообмена с участием явлений теплопроводности через твердые тела. Особенности настройки сопряженного расчета. Моделирование адиабатных и теплопроводящих стенок. Применение моделей турбулентности для численного определения коэффициентов теплоотдачи. Особенности расчета охлаждаемых элементов проточной части газовой турбины.

### **3.3. Темы практических занятий**

не предусмотрено

### **3.4. Темы лабораторных работ**

1. Моделирование заградительной завесы охлаждающего воздуха на поверхности рабочей лопатки газовой турбины (4 часа);
2. Многоступенчатая проточная часть осевого компрессора. Моделирование взаимодействия статорных и роторных элементов (6 часов);
3. Проектирование элемента конструкции паровой турбины на основе параметрического эскиза проточной части (6 часов);
4. Разработка параметрического эскиза внешнего вида проточной части ЦВД паровой турбины (6 часов);
5. Создание расчетной сетки для моделирования течения в межлопаточном канале решетки (4 часа);
6. Ступень осевой турбины. Моделирование взаимодействия статорных и роторных элементов (6 часов).

### **3.5 Консультации**

### **3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ**

Курсовой проект/ работа не предусмотрены



### 3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1)	Коды индикаторов	Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1)					Оценочное средство (тип и наименование)
		1	2	3	4	5	
<b>Знать:</b>							
основные модели описания взаимодействия подвижных и неподвижных элементов в проточных частях турбомашин при численных газодинамических расчетах	ИД-1РПК-5				+		Лабораторная работа/Лабораторная работа № 4 «Ступень осевой турбины. Моделирование взаимодействия статорных и роторных элементов»
основные инструменты и приемы 3D проектирования, применяемые для разработки конструкции элементов турбомашин	ИД-1РПК-5	+					Тестирование/Тест «Подходы к организации цикла жизнедеятельности изделия»
<b>Уметь:</b>							
проектировать элементы энергетического оборудования по принципу "сверху вниз" с учетом командной работы над проектом	ИД-1РПК-5		+				Лабораторная работа/Лабораторная работа № 1 «Разработка параметрического эскиза внешнего вида проточной части ЦВД паровой турбины» Лабораторная работа/Лабораторная работа №2 «Проектирование элемента конструкции паровой турбины на основе параметрического эскиза проточной части»
подготавливать сложную геометрию реального объекта к проведению междисциплинарных расчетов с применением численных методов	ИД-1РПК-5			+			Лабораторная работа/Лабораторная работа № 3 «Создание расчетной сетки для моделирования течения в межлопаточном канале решетки»
параметризовать и автоматизировать процесс газодинамического расчета	ИД-1РПК-5					+	Лабораторная работа/Лабораторная работа № 6 «Моделирование заградительной завесы охлаждающего воздуха на поверхности рабочей лопатки газовой турбины»
настраивать и проводить газодинамический расчет	ИД-1РПК-5				+		Лабораторная работа/Лабораторная работа № 5. «Многоступенчатая проточная часть осевого компрессора. Моделирование взаимодействия

							статорных и роторных элементов»
--	--	--	--	--	--	--	---------------------------------

#### **4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)**

##### **4.1. Текущий контроль успеваемости**

###### **3 семестр**

Форма реализации: Компьютерное задание

1. Лабораторная работа № 1 «Разработка параметрического эскиза внешнего вида проточной части ЦВД паровой турбины» (Лабораторная работа)
2. Лабораторная работа № 3 «Создание расчетной сетки для моделирования течения в межлопаточном канале решетки» (Лабораторная работа)
3. Лабораторная работа № 4 «Ступень осевой турбины. Моделирование взаимодействия статорных и роторных элементов» (Лабораторная работа)
4. Лабораторная работа № 5. «Многоступенчатая проточная часть осевого компрессора. Моделирование взаимодействия статорных и роторных элементов» (Лабораторная работа)
5. Лабораторная работа № 6 «Моделирование заградительной завесы охлаждающего воздуха на поверхности рабочей лопатки газовой турбины» (Лабораторная работа)
6. Лабораторная работа №2 «Проектирование элемента конструкции паровой турбины на основе параметрического эскиза проточной части» (Лабораторная работа)

Форма реализации: Письменная работа

1. Тест «Подходы к организации цикла жизнедеятельности изделия» (Тестирование)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

##### **4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине**

*Зачет с оценкой (Семестр №3)*

Оценка определяется по совокупности результатов текущего контроля успеваемости в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ».

В диплом выставляется оценка за 3 семестр.

**Примечание:** Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

#### **5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

##### **5.1 Печатные и электронные издания:**

1. Амосов А. А., Дубинский Ю. А., Копченова Н. В. - "Вычислительные методы", (4-е изд., стер.), Издательство: "Лань", Санкт-Петербург, 2021 - (672 с.)  
<https://e.lanbook.com/book/168619>;
2. Зарянкин А.Е. - "Механика несжимаемых и сжимаемых жидкостей", Издательство: "МЭИ", Москва, 2019  
<https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383013175.html>;
3. Трухний А.Д. - "Паровые и газовые турбины для электростанций", Издательство: "МЭИ", Москва, 2017  
<https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383011577.html>;

4. Каплун, А. Б. ANSYS в руках инженера. Практическое руководство / А. Б. Каплун, Е. М. Морозов, М. А. Олферьева. – 3-е изд. – М. : Эдиториал УРСС, 2009. – 272 с. – ISBN 978-5-397-00564-7.;
5. Зиновьев Д. В.- "Основы моделирования в SolidWorks", Издательство: "ДМК Пресс", Москва, 2017 - (240 с.)  
<https://e.lanbook.com/book/97361>;
6. Басов К. А.- "ANSYS: справочник пользователя", Издательство: "ДМК Пресс", Москва, 2008 - (640 с.)  
[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=1335](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=1335);
7. Басов К. А.- "Графический интерфейс комплекса ANSYS", Издательство: "ДМК Пресс", Москва, 2008 - (248 с.)  
[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=1290](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=1290).

## 5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. Windows / Операционная система семейства Linux;
4. Ansys / CAE Fidesys;
5. Видеоконференции (Майнд, Сберджаз, ВК и др);
6. Компас 3D;
7. SmathStudio.

## 5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" - [http://biblioclub.ru/index.php?page=main\\_ub\\_red](http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red)
3. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
4. База данных ВИНТИ online - <http://www.viniti.ru/>
5. База данных журналов издательства Elsevier - <https://www.sciencedirect.com/>
6. Электронные ресурсы издательства Springer - <https://link.springer.com/>
7. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
8. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
9. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
10. ЭБС "Консультант студента" - <http://www.studentlibrary.ru/>
11. Журналы American Chemical Society - <https://www.acs.org/content/acs/en.html>
12. Журналы American Institute of Physics - <https://www.scitation.org/>
13. Журналы American Physical Society - <https://journals.aps.org/about>
14. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>
15. Национальный портал онлайн обучения «Открытое образование» - <https://openedu.ru>
16. Официальный сайт Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии - <http://protect.gost.ru/>
17. Открытая университетская информационная система «РОССИЯ» - <https://uisrussia.msu.ru>

## 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
	П-21, Учебная	стол преподавателя, стол учебный, стул,

контроля	аудитория	доска интерактивная, компьютерная сеть с выходом в Интернет, кондиционер, мел, маркер, стилус
Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
	П-31, Компьютерный класс	стол преподавателя, стол учебный, стул, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, экран, компьютер персональный, кондиционер
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
	П-21, Учебная аудитория	стол преподавателя, стол учебный, стул, доска интерактивная, компьютерная сеть с выходом в Интернет, кондиционер, мел, маркер, стилус
Помещения для самостоятельной работы	П-28, Комната для самостоятельных занятий студентов	
Помещения для консультирования	П-03а, Кабинет сотрудников	
	П-27, Переговорная	
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	П-05а, Лаборатория аэродинамики	
	П-03б, Подсобное помещение	

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

### Моделирование физических процессов в элементах турбомашин

(название дисциплины)

#### 3 семестр

**Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:**

- КМ-1 Тест «Подходы к организации цикла жизнедеятельности изделия» (Тестирование)
- КМ-2 Лабораторная работа № 1 «Разработка параметрического эскиза внешнего вида проточной части ЦВД паровой турбины» (Лабораторная работа)
- КМ-3 Лабораторная работа №2 «Проектирование элемента конструкции паровой турбины на основе параметрического эскиза проточной части» (Лабораторная работа)
- КМ-4 Лабораторная работа № 3 «Создание расчетной сетки для моделирования течения в межлопаточном канале решетки» (Лабораторная работа)
- КМ-5 Лабораторная работа № 4 «Ступень осевой турбины. Моделирование взаимодействия статорных и роторных элементов» (Лабораторная работа)
- КМ-6 Лабораторная работа № 5. «Многоступенчатая проточная часть осевого компрессора. Моделирование взаимодействия статорных и роторных элементов» (Лабораторная работа)
- КМ-7 Лабораторная работа № 6 «Моделирование заградительной завесы охлаждающего воздуха на поверхности рабочей лопатки газовой турбины» (Лабораторная работа)

**Вид промежуточной аттестации – Зачет с оценкой.**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5	КМ-6	КМ-7
		Неделя КМ:	4	6	8	10	12	14	16
1	Современные подходы организации цикла жизнедеятельности изделия								
1.1	Современные подходы организации цикла жизнедеятельности изделия		+						
2	Трехмерные системы автоматизированного проектирования (3D CAD)								
2.1	Трехмерные системы автоматизированного проектирования (3D CAD)			+	+				
3	Подготовка твердотельных моделей для проведения численного моделирования физических процессов								
3.1	Подготовка твердотельных моделей для проведения численного моделирования физических процессов					+			
4	Модели описания взаимодействия «ротор-статор» для расчета многоступенчатых турбин								
4.1	Модели описания взаимодействия «ротор-статор» для расчета многоступенчатых турбин						+	+	

5	Сопряженный расчет. Моделирование охлаждаемых элементов проточной части газовой турбины							
5.1	Сопряженный расчет. Моделирование охлаждаемых элементов проточной части газовой турбины							+
Вес КМ, %:		5	15	15	15	20	20	10