

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

Направление подготовки/специальность: 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

Наименование образовательной программы: Электрические аппараты управления и распределения энергии

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины
ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЭЛЕКТРОМАШИНОСТРОЕНИИ

Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.Ч.02
Трудоемкость в зачетных единицах:	2 семестр - 3; 3 семестр - 4; всего - 7
Часов (всего) по учебному плану:	252 часа
Лекции	не предусмотрено учебным планом
Практические занятия	2 семестр - 48 часа; 3 семестр - 64 часа; всего - 112 часов
Лабораторные работы	не предусмотрено учебным планом
Консультации	проводится в рамках часов аудиторных занятий
Самостоятельная работа	2 семестр - 59,7 часа; 3 семестр - 79,7 часа; всего - 139,4 часа
в том числе на КП/КР	не предусмотрено учебным планом
Иная контактная работа	проводится в рамках часов аудиторных занятий
включая: Тестирование Контрольная работа Творческая задача	
Промежуточная аттестация:	
Зачет с оценкой	2 семестр - 0,3 часа;
Зачет с оценкой	3 семестр - 0,3 часа;
	всего - 0,6 часа

Москва 2023

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Дергачев П.А.
	Идентификатор	Rpc655738-DergachevPavA-c35942

П.А. Дергачев

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Кузнецова Е.А.
	Идентификатор	Re7bf1ad9-KuznetsovaYA-c9331b9

Е.А. Кузнецова

Заведующий выпускающей
кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Киселев М.Г.
	Идентификатор	R572ca413-KiselevMG-f37ee096

М.Г. Киселев

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: является изучение принципов построения цифровых двойников электромеханических систем энергетических комплексов, построение полевых моделей элементов электромеханических систем и на их базе построение полной модели электромеханической системы с сосредоточенными параметрами, основы проектирования электромеханических систем энергетических комплексов, оптимизация электрической, магнитной и тепловой подсистем электромеханических преобразователей.

Задачи дисциплины

- освоение принципов построения цифровых двойников электромеханических систем;
- освоение подходов к построению точных мультифизических полевых моделей;
- приобретение навыков построения комплексных математических моделей электромеханических систем;
- приобретение навыков построения точных мультифизических полевых моделей;
- овладение специализированным программным обеспечением для моделирования электромеханических систем и их узлов;
- овладение основами моделирования цифровых двойников электромеханических систем;
- овладение основами обработки контрольных данных, получаемых от электромеханических систем и их двойников.
- освоение принципов применения цифровых двойников в системах прогнозного мониторинга.

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
ПК-2 Способен по результатам исследований выбирать и проектировать новые эффективные технические решения в области профессиональной деятельности	ИД-2 _{ПК-2} Формулирует критерии оптимальности при выборе известных технических решений и проектировании новых электротехнических объектов	знать: - подходы к решению оптимизационных задач в современном программном обеспечении; - известные технические решения, применяемые в современных электромеханических системах. уметь: - объединять оптимальные технические решения различных узлов электромеханических систем.
ПК-2 Способен по результатам исследований выбирать и проектировать новые эффективные технические решения в области профессиональной деятельности	ИД-4 _{ПК-2} Применяет стандартные средства автоматизированного проектирования электротехнических устройств и прикладные программы для проектирования элементов электрических и электронных аппаратов	знать: - основы построения комплексных мультифизических моделей (цифровых двойников) электромеханических систем; - принципы обработки и анализа данных, получаемых из цифровых моделей и/или реальных систем. уметь: - решать обратные задачи оптимизационными методами с использованием современного программного обеспечения; - строить комплексные

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
		мультифизические модели (цифровые двойники); - представлять данные в форме удобной для последующей обработки и проводить базовый анализ подготовленных данных, получаемых от цифровых моделей и/или реальных систем.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Электрические аппараты управления и распределения энергии (далее – ОПОП), направления подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника, 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 7 зачетных единиц, 252 часа.

№ 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	Модуль 1	19	2	-	-	8	-	-	-	-	-	11	-	<p><u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Модуль 1" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Модуль 1"</p> <p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Модуль 1"</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 94-159 [2], 5-7</p>	
1.1	Основы моделирования полевых задач в программном обеспечении, работа с интерфейсом задания: геометрии, расчетной сетки, свойств материалов, уравнений, граничных условий, источников поля и обработки результатов	19		-	-	8	-	-	-	-	-	-	11		-
2	Модуль 2	31		-	-	14	-	-	-	-	-	-	17		-
2.1	Моделирования электромагнитных, тепловых, гидродинамических и механических полей	31	-	-	14	-	-	-	-	-	-	17	-	<p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Модуль 2"</p> <p><u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Модуль 2" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Модуль 2"</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u></p>	

													[1], 5-145 [2], 7-90	
3	Модуль 3	31		-	-	14	-	-	-	-	-	17	-	<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Модуль 3" <u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Модуль 3" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Модуль 3" <u>Изучение материалов литературных источников:</u>
3.1	Построение мультифизических моделей	31		-	-	14	-	-	-	-	-	17	-	
4	Модуль 4	26.7		-	-	12	-	-	-	-	-	14.7	-	<u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Модуль 4" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Модуль 4" <u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Модуль 4" <u>Изучение материалов литературных источников:</u>
4.1	Представление и обработка результатов моделирования	26.7		-	-	12	-	-	-	-	-	14.7	-	
	Зачет с оценкой	0.3		-	-	-	-	-	-	-	0.3	-	-	
	Всего за семестр	108.0		-	-	48	-	-	-	-	0.3	59.7	-	
	Итого за семестр	108.0		-	-	48	-	-	-	-	0.3	59.7	-	
5	Модуль 5	36	3	-	-	16	-	-	-	-	-	20	-	<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Модуль 5"
5.1	Решение обратных и оптимизационных задач на базе полевых	36		-	-	16	-	-	-	-	-	20	-	

реальных объектов и принципы построения систем прогнозного мониторинга													Изучение материала по разделу "Модуль 8" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Модуль 8" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [5], 3-40
Зачет с оценкой	0.3		-	-	-	-	-	-	-	0.3	-	-	
Всего за семестр	144.0		-	-	64	-	-	-	-	0.3	79.7	-	
Итого за семестр	144.0		-	-	64	-	-	-	-	0.3	79.7	-	
ИТОГО	252.0	-	-	-	112	-	-	-	-	0.6	139.4	-	

Примечание: Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПр – 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. Модуль 1

1.1. Основы моделирования полевых задач в программном обеспечении, работа с интерфейсом задания: геометрии, расчетной сетки, свойств материалов, уравнений, граничных условий, источников поля и обработки результатов

Интерфейс современных программных комплексов анализа физических полей. Эффективные способы задания геометрии: подготовка параметрической геометрии моделируемого объекта или системы; использование внешних программ для подготовки сложной геометрии моделируемых объектов. Использование симметрий. Задание граничных условий. Построение расчетных сеток на базе различных элементов: методы и их практическое применение к конкретной геометрии. Постобработка и представление результатом моделирования различных полей. Обзор библиотек материалов..

2. Модуль 2

2.1. Моделирования электромагнитных, тепловых, гидродинамических и механических полей

Основные уравнения электромагнетизма. Анализ электростатических полей. Анализ магнитостатических полей. Анализ квазистационарных электромагнитных полей. Анализ высокочастотных электромагнитных полей. Примеры постановки и решения типовых задач. Визуализация и составление отчетов по результатам анализа. Преимущества и недостатки методов расчета и программных комплексов, рекомендации по применению. Основные уравнения механики и прочности. Анализа прочности. Динамический анализ. Примеры постановки и решения типовых задач. Преимущества и недостатки программных комплексов, рекомендации по применению. Основные уравнения теплообмена. Стационарные и нестационарные задачи теплофизики с учетом теплопроводности, конвекции и излучения. Примеры постановки и решения типовых задач. Преимущества и недостатки программных комплексов, рекомендации по применению. Основные уравнения гидродинамики. Стационарные и нестационарные задачи гидродинамики. Ламинарные и турбулентные течения сжимаемой и несжимаемой жидкости с учетом вязкости, переход от ламинарного течения к турбулентному. Примеры постановки и решения типовых задач. Преимущества и недостатки программных комплексов, рекомендации по применению..

3. Модуль 3

3.1. Построение мультифизических моделей

Унифицированная среда моделирования. Методы выполнения сопряженных и расщепленных (последовательных) междисциплинарных расчетов. Методики расчета для решения широкого набора задач с взаимодействием явлений из нескольких областей физики. Примеры постановки и решения типовых задач. Преимущества и недостатки программных комплексов, рекомендации по применению..

4. Модуль 4

4.1. Представление и обработка результатов моделирования

Специальные подходы к визуализации сложных моделей и их элементов. Использование трассировки частиц для визуализации трехмерных полей. Подготовка данных для экспорта в другие системы. Импорт данных из других систем..

5. Модуль 5

5.1. Решение обратных и оптимизационных задач на базе полевых моделей

Методы оптимизации. Решение оптимизационных задач с использованием современных программных комплексов и параметрической модели. Примеры постановки и решения типовых задач. Преимущества и недостатки методов и программных комплексов, рекомендации по применению..

6. Модуль 6

6.1. Построение комплексных мультифизических моделей с сосредоточенными параметрами на базе точных полевых моделей

Переход от точных полевых моделей к моделям с сосредоточенными параметрами. Расчет интегральных параметров в полевых задачах. Передача зависимостей интегральных величин от изменяемых параметров для полноценного учета нелинейных эффектов в моделях с сосредоточенными параметрами. Построение и связь комплексных и мультифизических моделей с сосредоточенными параметрами..

7. Модуль 7

7.1. Построение систем управления для электромеханических систем, оптимальное управление

Основы построения систем оптимального управления для сложных комплексных систем с использованием их представления в виде моделей с сосредоточенными параметрами. Обратная связь, фильтры, ПИД-Регулятор, оптимизация параметров обратной связи по точности и/или скорости..

8. Модуль 8

8.1. Обработка и анализ данных, полученных от моделей и/или реальных объектов и принципы построения систем прогнозного мониторинга

Обработка массивов данных, получаемых от цифровых двойников и реальных объектов. Принципы построения систем прогнозного мониторинга на базе полученных данных от реальных систем и их цифровых двойников..

3.3. Темы практических занятий

1. Обработка и анализ данных, полученных от моделей и/или реальных объектов и принципы построения систем прогнозного мониторинга;
2. Построение систем управления для электромеханических систем, оптимальное управление;
3. Построение комплексных мультифизических моделей с сосредоточенными параметрами на базе точных полевых моделей;
4. Моделирование гидродинамических полей;
5. Решение обратных и оптимизационных задач на базе полевых моделей;
6. Построение мультифизических моделей;
7. Моделирование механических полей;
8. Моделирования тепловых полей;
9. Основы работы в COMSOL Multiphysics;
10. Моделирования электромагнитных полей;
11. Представление и обработка результатов моделирования.

3.4. Темы лабораторных работ
не предусмотрено

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	6	7	8		
Знать:											
известные технические решения, применяемые в современных электромеханических системах	ИД-2ПК-2	+									Тестирование/Тест 1"Основы физических процессов в электротехнике"
подходы к решения оптимизационных задач в современном программном обеспечении	ИД-2ПК-2					+					Тестирование/Тест 1"Обратные и некорректные задачи"
принципы обработки и анализа данных, получаемых из цифровых моделей и/или реальных систем	ИД-4ПК-2				+						Творческая задача/1. Индивидуальное творческое задание
основы построения комплексных мультифизических моделей (цифровых двойников) электромеханических систем	ИД-4ПК-2			+							Контрольная работа/2. Совместное моделирование электромагнитных и тепловых процессов.
Уметь:											
объединять оптимальные технические решения различных узлов электромеханических систем	ИД-2ПК-2		+								Контрольная работа/1. Моделирование электромагнитных процессов
представлять данные в форме удобной для последующей обработки и проводить базовый анализ подготовленных данных, получаемых от цифровых моделей и/или реальных систем	ИД-4ПК-2									+	Творческая задача/2. Индивидуальное творческое задание
строить комплексные мультифизические модели (цифровые двойники)	ИД-4ПК-2								+		Контрольная работа/4. Построение и анализ комплексных моделей с применением моделей с сосредоточенными параметрами
решать обратные задачи оптимизационными методами с использованием современного программного обеспечения	ИД-4ПК-2						+				Контрольная работа/3. Расчет зависимостей для модели с сосредоточенными параметрами на основе полевого расчета

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

4.1. Текущий контроль успеваемости

2 семестр

Форма реализации: Компьютерное задание

1. Индивидуальное творческое задание (Творческая задача)
1. Моделирование электромагнитных процессов (Контрольная работа)
3. 2. Совместное моделирование электромагнитных и тепловых процессов. (Контрольная работа)

Форма реализации: Письменная работа

1. Тест 1 "Основы физических процессов в электротехнике" (Тестирование)

3 семестр

Форма реализации: Компьютерное задание

1. 2. Индивидуальное творческое задание (Творческая задача)
2. 3. Расчет зависимостей для модели с сосредоточенными параметрами на основе полевого расчета (Контрольная работа)
3. 4. Построение и анализ комплексных моделей с применением моделей с сосредоточенными параметрами (Контрольная работа)

Форма реализации: Письменная работа

1. Тест 1 "Обратные и некорректные задачи" (Тестирование)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Зачет с оценкой (Семестр №2)

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

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. В. В. Титков- "Физические основы расчета тепловых процессов в элек-троэнергетическом оборудовании", Издательство: "Издательство Политехнического университета", Санкт-Петербург, 2011 - (172 с.)
[https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=362997;](https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=362997)

2. Карпова И. М., Титков В. В.- "Компьютерные технологии в науке и производстве. Расчет физических полей в электроэнергетике", Издательство: "СПбГПУ", Санкт-Петербург, 2010 - (212 с.)

http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=50604;

3. Электрические аппараты : учебник и практикум для академического бакалавриата, для вузов по инженерно-техническим направлениям и специальностям / отв. ред. П. А. Курбатов . – М. : Юрайт, 2017 . – 250 с. – (Бакалавр. Академический курс) . - ISBN 978-5-9916-9715-6 .;

4. Самарский, А. А. Численные методы решения обратных задач математической физики / А. А. Самарский, П. Н. Вабищевич . – 3-е изд . – М. : Эдиториал УРСС, 2009 . – 480 с. - ISBN 978-5-382-00990-2 .;

5. Гребенко, Ю. А. Методы цифровой обработки сигналов в радиоприемных устройствах : учебное пособие по курсам "Методы и устройства цифровой обработки сигналов" и "Радиоприемные устройства" по направлению "Радиотехника" / Ю. А. Гребенко, Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) . – М. : Изд-во МЭИ, 2006 . – 48 с. - ISBN 5-903072-46-1 ..

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. Office / Российский пакет офисных программ;
2. Windows / Операционная система семейства Linux;
3. Ansys / CAE Fidesys;
4. OpenModelica;
5. EasyMag.

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
3. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
Помещения для самостоятельной работы	ЭЭА-7, Типограф	стол преподавателя, стол учебный, стул, шкаф для документов, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная, лабораторный стенд, компьютер персональный, инвентарь учебный, дипломные и курсовые работы студентов
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	ЭЭА-2б, Архив	стол, стул, документы

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ**Цифровые технологии в электромашиностроении**

(название дисциплины)

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

- КМ-1 Тест 1"Основы физических процессов в электротехнике" (Тестирование)
 КМ-2 1. Моделирование электромагнитных процессов (Контрольная работа)
 КМ-3 2. Совместное моделирование электромагнитных и тепловых процессов. (Контрольная работа)
 КМ-4 1. Индивидуальное творческое задание (Творческая задача)

Вид промежуточной аттестации – Зачет с оценкой.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	4	8	12	16
1	Модуль 1					
1.1	Основы моделирования полевых задач в программном обеспечении, работа с интерфейсом задания: геометрии, расчетной сетки, свойств материалов, уравнений, граничных условий, источников поля и обработки результатов		+			
2	Модуль 2					
2.1	Моделирования электромагнитных, тепловых, гидродинамических и механических полей			+		
3	Модуль 3					
3.1	Построение мультифизических моделей				+	
4	Модуль 4					
4.1	Представление и обработка результатов моделирования					+
Вес КМ, %:			10	25	25	40

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

- КМ-5 Тест 1"Обратные и некорректные задачи" (Тестирование)
 КМ-6 3. Расчет зависимостей для модели с сосредоточенными параметрами на основе полевого расчета (Контрольная работа)
 КМ-7 4. Построение и анализ комплексных моделей с применением моделей с сосредоточенными параметрами (Контрольная работа)
 КМ-8 2. Индивидуальное творческое задание (Творческая задача)

Вид промежуточной аттестации – Зачет с оценкой.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-5	КМ-6	КМ-7	КМ-8
		Неделя КМ:	4	8	12	16
1	Модуль 5					
1.1	Решение обратных и оптимизационных задач на базе полевых моделей		+			
2	Модуль 6					
2.1	Построение комплексных мультифизических моделей с сосредоточенными параметрами на базе точных полевых моделей			+		
3	Модуль 7					
3.1	Построение систем управления для электромеханических систем, оптимальное управление				+	
4	Модуль 8					
4.1	Обработка и анализ данных, полученных от моделей и/или реальных объектов и принципы построения систем прогнозного мониторинга					+
Вес КМ, %:			10	25	25	40