

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

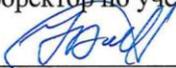
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования

**«УФИМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АВИАЦИОННЫЙ  
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Кафедра *Электромеханики*

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

 Н.Г. Зарипов

« 02 » 09 2015 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

**УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**«ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ  
ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ЭНЕРГИИ»**

Уровень подготовки: высшее образование – подготовка кадров высшей квалификации

Направление подготовки научно-педагогических кадров высшей квалификации (аспирантура)

**13.06.01 Электро- и теплотехника**

(код и наименование направления подготовки)

Направленность подготовки

**Электромеханика и электрические аппараты**

(наименование программы подготовки)

Квалификация (степень) выпускника

**Исследователь. Преподаватель-исследователь**

Форма обучения

**очная**

Уфа 2015

ЛИСТ

согласования рабочей программы

Направление подготовки: 13.06.01 Электро- и теплотехника  
код и наименование

Направленность подготовки (программа Электромеханика и электрические аппараты  
наименование)

Дисциплина: Перспективы развития электромеханических преобразователей энергии

Учебный год 20 /20  

РЕКОМЕНДОВАНА заседанием кафедры ЭМ  
наименование кафедры

протокол № 15 от "24" июня 2015 г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
подпись Ф.Р. Исмагилов  
расшифровка подписи

Исполнители:

проф. \_\_\_\_\_ Ф.Р. Исмагилов  
доц. \_\_\_\_\_ О.А. Юшкова  
должность подпись расшифровка подписи

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий кафедрой<sup>1</sup>

\_\_\_\_\_ Ф.Р. Исмагилов 28.08.15  
наименование кафедры личная подпись расшифровка подписи дата

Председатель НМС по УГСН 13.00.00 Электро- и теплоэнергетика  
протокол № 1А от "28" "08" 2015 г.

\_\_\_\_\_ Ф.Р. Исмагилов  
личная подпись расшифровка подписи

Библиотека Мугел \_\_\_\_\_ С.Т. Мустафина 01.06.15  
личная подпись расшифровка подписи дата

Начальник отдела аспирантуры \_\_\_\_\_ Фаттахов РК 07.06.15  
личная подпись расшифровка подписи дата

Рабочая программа зарегистрирована в ООПМА и внесена в электронную базу данных

Начальник \_\_\_\_\_ Лешман Ч.А 06.06.15  
личная подпись расшифровка подписи дата

<sup>1</sup> Согласование осуществляется с выпускающими кафедрами (для рабочих программ, подготовленных на кафедрах, обеспечивающих подготовку для других направлений и специальностей)

## Содержание

1.	Место дисциплины в структуре образовательной программы.....	3
2.	Перечень результатов обучения.....	3
3.	Содержание и структура дисциплины (модуля).....	4
4.	Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы.....	6
5.	Фонд оценочных средств.....	7
6.	Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля).	9
7.	Образовательные технологии.....	16
8.	Методические указания по освоению дисциплины.....	16
9.	Материально-техническое обеспечение дисциплины.....	16
10.	Адаптация рабочей программы для лиц с ОВЗ.....	17
	Лист согласования рабочей программы дисциплины.....	18
	Дополнения и изменения в рабочей программе дисциплины.....	19

## 1. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Перспективы развития электромеханических преобразователей энергии» является дисциплиной вариативной части.

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки научно-педагогических кадров высшей квалификации (аспирантура) 13.06.01 Электро- и теплотехника, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от "30" июня 2014 г. № 878 и приказа Министерства образования и науки Российской Федерации от 30.04.2015 N 464 "О внесении изменений в федеральные государственные образовательные стандарты высшего образования (уровень подготовки кадров высшей квалификации)". Является неотъемлемой частью основной образовательной профессиональной программы (ОПОП).

**Целью освоения дисциплины** является изучение тенденций и перспектив развития электротехники и электромеханических преобразователей энергии для решения научно-исследовательских профессиональных задач с использованием современных математических и инструментальных методов.

**Задачи:** формирование навыков самостоятельной научно-исследовательской деятельности; углубленное изучение теоретических и методологических основ анализа электромеханических преобразователей энергии.

### **Входные компетенции:**

Формируемые компетенции в виде образовательного результата при освоении дисциплины "Перспективы развития электромеханических преобразователей энергии" являются первичными в рамках ОПОП.

### **Исходящие компетенции:**

№	Компетенция	Код	Уровень освоения, определяемый этапом формирования компетенции	Название дисциплины (модуля), практики, научных исследований для которых данная компетенция является входной
1	Владением культурой научного исследования, в том числе с использованием современных информационно-коммуникационных технологий;	ОПК-2	базовый	Научно-исследовательская практика
			повышенный	научные исследования
			повышенный	ГИА
2	Способность составлять математические модели объектов различного типа с применением современных математических методов	ПК-2	базовый	Научно-исследовательская практика
			повышенный	научные исследования
			повышенный	ГИА

## 2. Перечень результатов обучения

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций.

### **Планируемые результаты обучения по дисциплине**

№	Формируемые компетенции	Код	Знать	Уметь	Владеть
1	Владением культурой научного исследования, в том числе с использованием современных информационно-коммуникационных	ОПК-2	социально-культурного содержания деятельности исследователя; основных этапов решения научных и прикладных задач на ЭВМ;	решать задачи обработки информации с помощью современных инструментальных средств и информационно-коммуникационных	современными информационно-коммуникационными технологиями для решения общенаучных задач и организации

	технологий;			технологий;	своего труда.
2	Способность составлять математические модели объектов различного типа с применением современных математических методов	ПК-2	-современные программные средства физического, математического и компьютерного моделирования и автоматизации исследований; - теоретических и методологических основ проектирования, эксплуатации и развития электротехники принципов построения и функционирования современных программных средств физического, математического и компьютерного моделирования и автоматизации эксперимента	создавать виртуальные модели в компьютерных средах для решения различных задач	программирование м в среде Matlab, КОМПАС, Elcut, SolidWorks

### 3. Содержание и структура дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 7 зачетных единиц (252 часа).

Трудоемкость дисциплины по видам работ

	3 семестр	4 семестр
Лекции (Л)	6	4
Практические занятия (ПЗ)	8	6
Лабораторные работы (ЛР)	-	-
КСР	-	-
Курсовая проект работа (КР)	-	-
Расчетно - графическая работа (РГР)	-	-
Самостоятельная работа (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным и практическим занятиям, коллоквиумам, рубежному контролю и т.д.)	85	98
Подготовка и сдача экзамена	-	36
Подготовка и сдача зачета	9	-
Вид итогового контроля (зачет, экзамен)	Зачет с оценкой	экзамен

Содержание разделов и формы текущего контроля

№	Наименование и содержание раздела	Количество часов						Литература, рекомендуемая студентам*	Виды интерактивных образовательных технологий**
		Аудиторная работа				СРС	Всего		
		Л	ПЗ	ЛР	КСР				
1	Перспективы развития электротехнических материалов и анализ эффективности их применения в электромеханических преобразователях энергии.	2	2	-	-	20	24	Р. 6.1 №1–5 Р. 6.2 №1	лекция классическая, работа в команде
2	Тенденции развития электромеханических преобразователей энергии. Высокооборотные и высокотемпературные электромеханические системы. Микроэлектромеханические системы.	2	4	-	-	30	36	Р. 6.1 №1–5 Р. 6.2 №1–3	лекция-визуализация, работа в команде
3	Тенденции развития прямого преобразования энергии в электромеханических преобразователях энергии. МГД–преобразователи, электромеханические преобразователи со сжатием магнитного и электрические генераторы преобразующие энергию ударной волны	2	4	-	-	30	36	Р. 6.1 №7 Р. 6.2 №1	лекция классическая, работа в команде, опережающая самостоятельная работа
4	Перспективы развития микроэлектронных систем.	2		-	-	83	85	Р. 6.1 №6–7 Р. 6.2 №1–3	лекция-визуализация, работа в команде, опережающая самостоятельная работа
5	Перспективные области применения электромеханических преобразователей энергии.	2	4	-	-	20	26	Р. 6.1 №1–5 Р. 6.2 №1–3	лекция классическая, работа в команде, опережающая самостоятельная работа
	<b>Всего</b>	10	14			183	207		

### Практические занятия (семинары)

№ занятия	№ раздела	Тема	Кол-во часов
1	1	Перспективы развития электротехнических материалов и анализ эффективности их применения в электромеханических преобразователях энергии	2
2, 3	2	Тенденции развития электромеханических преобразователей энергии. Высокооборотные и высокотемпературные электромеханические системы. Микроэлектромеханические системы.	4
4, 5	3	Тенденции развития прямого преобразования энергии в электромеханических преобразователях энергии. МГД-преобразователи, электромеханические преобразователи со сжатием магнитного и электрические генераторы преобразующие энергию ударной волны	4
6,7	5	Перспективные области применения электромеханических преобразователей энергии	4

#### 4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

##### **Тема 1. Перспективы развития электротехнических материалов и анализ эффективности их применения в электромеханических преобразователях энергии.**

Вопросы для самостоятельного изучения (подготовке к обсуждению):

1. Исследования перспективы применения наноматериалов в качестве изоляции обмотки статора электромеханических преобразователей энергии
2. Эффективность применения сталей марок Vasoflux и Hitachi
3. Исследования тенденций развития высококоэрцитивных постоянных магнитов

##### **Тема 2. Тенденции развития электромеханических преобразователей энергии. Высокооборотные и высокотемпературные электромеханические системы. Микроэлектромеханические системы.**

Вопросы для самостоятельного изучения:

1. Особенности эксплуатации высокоскоростных электрических машин совместно с силовой и интеллектуальной электроникой
2. Беспазовые микроэлектромеханические двигатели
3. Микроэлектростатические двигатели. Возможности применения и тенденции развития
4. Особенности эксплуатации и тенденции развития высокотемпературных электрических машин
5. Сверхпроводимость и электромеханические преобразователи энергии основанные на данном явлении

##### **Тема 3. Тенденции развития прямого преобразования энергии в электромеханических преобразователях энергии. МГД-преобразователи, электромеханические преобразователи со сжатием магнитного и электрические генераторы преобразующие энергию ударной волны**

Вопросы для самостоятельного изучения:

1. Тенденции развития космических МГД машин
2. Импульсные МГД-генераторы. Перспективы применения
3. Зарубежные электромеханические преобразователи энергии со сжатием магнитного потока
4. Параметрические электромеханические преобразователи энергии

##### **Тема 4. Перспективы развития микроэлектронных систем.**

Вопросы для самостоятельного изучения:

1. Перспективные технологии производства микроэлектронных систем.

##### **Тема 5. Перспективные области применения электромеханических преобразователей энергии.**

Вопросы для самостоятельного изучения:

1. Анализ новых конструктивных схем электромеханических преобразователей энергии и исследования на основе этого новых способов преобразования энергии в них

## 5. Фонд оценочных средств

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Уровень освоения, определяемый этапом формирования компетенции	Наименование оценочного средства*
1	Перспективы развития электротехнических материалов и анализ эффективности их применения в электромеханических преобразователях энергии.	ОПК-2		Р
2	Тенденции развития электромеханических преобразователей энергии. Высокооборотные и высокотемпературные электромеханические системы. Микроэлектромеханические системы.	ОПК-2		Р
3	Тенденции развития прямого преобразования энергии в электромеханических преобразователях энергии. МГД–преобразователи, электромеханические преобразователи со сжатием магнитного и электрические генераторы преобразующие энергию ударной волны Перспективы развития микроэлектронных систем.	ОПК-2 ПК-2		КА Р
4	Перспективные области применения электромеханических преобразователей энергии.	ОПК-2, ПК-2		Р
5	Перспективы развития электротехнических материалов и анализ эффективности их применения в электромеханических преобразователях энергии.	ОПК-2		КА

### Вопросы к зачету (экзамену)

1. Основные перспективы развития электромеханических преобразователей энергии;
2. Методы исследований и анализа электромеханических преобразователей энергии;
3. Типы применяемых материалов в современных электромеханических преобразователях энергии.
4. Высокоэнергетические постоянные магниты, характеристики и параметры. Преимущества и недостатки постоянных магнитов марок SmCo и NdFeB.
5. Магнитомягкие сплавы и электротехнические стали с повышенной индукцией насыщения. Достоинства и недостатки. Основные технические характеристики
6. Новые типы изоляции в электромеханических преобразователях энергии;

7. Задачи многокритериальной оптимизации при исследованиях новых электромеханических преобразователей энергии;
8. Понятие сверхвысокоскоростные электромеханические преобразователи. Преимущества использования.
9. Подшипниковые опоры высокоскоростных электромеханических преобразователей
10. Высокотемпературные электромеханические преобразователи энергии. Область применения и перспективы развития
11. Микроэлектромеханические системы. Направления развития.
12. Основные требования, предъявляемые к электрическим генераторам автономных объектов.
13. Основное расчётное уравнение электромеханических преобразователей энергии. Тенденции их развития и ограничения

#### **Критерии оценки:**

- оценка «отлично» выставляется студенту, если студент ответил на два поставленных вопроса и показал глубокие теоретические знания;
- оценка «хорошо» выставляется студенту, если студент ответил на два поставленных вопроса и показал хорошие теоретические знания;
- оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если студент ответил на один из поставленных вопросов и показал удовлетворительные теоретические знания;
- оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если студент не ответил на поставленные вопросы и показал неудовлетворительные теоретические знания;
- оценка «зачтено» выставляется студенту, если решены все кейсовые задачи на хорошо и отлично, разработан реферат и дан ответ на один поставленный вопрос;
- оценка «не зачтено» выставляется студенту, если не решены все кейсовые задачи на хорошо и отлично или не разработан реферат или по реферату получена оценка неудовлетворительно или не дан ответ на один поставленный вопрос;

### **Типовые оценочные материалы**

#### **1. Кейс-задача**

**Раздел (тема) дисциплины:** Перспективы развития электротехнических материалов и анализ эффективности их применения в электромеханических преобразователях энергии

#### **Задание (я):**

- Определить эффективность применения новых электротехнических материалов для повышения эффективности исследуемого электромеханического преобразователя энергии (ЭМП) в конкретной области применения;
- Определить критерии эффективности ЭМП в конкретной области применения;

#### **Критерии оценки:**

- оценка «отлично» выставляется студенту, если определены более 5 коэффициентов эффективности ЭМП и показана численная и качественная оценка применения новых электротехнических материалов в исследуемом ЭМП;
- оценка «хорошо» выставляется студенту, если определены более 3 коэффициентов эффективности ЭМП и показана качественная оценка применения новых электротехнических материалов в исследуемом ЭМП;
- оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если определены 1 коэффициент эффективности ЭМП и показана качественная оценка применения новых электротехнических материалов в исследуемом
- оценка «неудовлетворительно» если не определены коэффициенты эффективности ЭМП и не показана оценка применения новых электротехнических материалов в исследуемом ЭМП.

## 2. Кейс-задача

**Раздел (тема) дисциплины:** Тенденции развития электромеханических преобразователей энергии. Высокооборотные и высокотемпературные электромеханические системы. Микроэлектромеханические системы.

**Задание (я):**

- Определить экономическую эффективность внедрения электромеханического преобразователя энергии (ЭМП) в конкретной области применения.

**Критерии оценки:**

- оценка «отлично» выставляется студенту, если показана численная и качественная оценка экономической эффективности исследуемого ЭМП и оценены риски внедрения ЭМП в промышленность;

- оценка «хорошо» выставляется студенту, если показана численная и качественная оценка экономической эффективности исследуемого ЭМП, но не оценены риски внедрения ЭМП в промышленность;

- оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если показана качественная оценка экономической эффективности исследуемого ЭМП

- оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если не показана оценка экономической эффективности исследуемого ЭМП

**Темы для эссе (рефератов, докладов, сообщений)**

1. Тенденции развития и новизна ЭТК в конкретной области применения.

Эффективность применения стальных марок Vascoflux и Hitachi

2. Особенности эксплуатации и тенденции развития высокотемпературных электрических машин

3. Анализ новых конструктивных схем электротехнических комплексов и исследования на основе этого новых способов преобразования энергии в них

4. Исследования перспективы применения наноматериалов в качестве изоляции обмотки статора электромеханических преобразователей энергии

5. Параметрические электромеханические преобразователи энергии

**Критерии оценки:**

- оценка «отлично» выставляется студенту, если проведен анализ отечественных и зарубежных работ, рассмотрены отечественные и зарубежные патентные документы, разработано новое конструктивное или схемотехническое решение.

- оценка «хорошо» выставляется студенту, если проведен анализ отечественных и зарубежных работ, рассмотрены отечественные и зарубежные патентные документы.;

- оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если проведен анализ отечественных и зарубежных работ или рассмотрены отечественные и зарубежные патентные документы, разработано новое конструктивное или схемотехническое решение.;

- оценка «неудовлетворительно» если не проведен анализ отечественных и зарубежных работ или рассмотрены отечественные и зарубежные патентные документы, разработано новое конструктивное или схемотехническое решение.;

## 6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

### 6.1 Основная литература

1. Применение высокоскоростных систем : [монография] / ред. ориг. изд. У. Кестер ; пер. с англ. под ред. И. В. Кокоревой .— Москва : ТЕХНОСФЕРА, 2009 .— 365 с.

2. Карнаухов, Н. Ф. Электромеханические и мехатронные системы : [учебное пособие для студентов по специальности 190206, 220401, 220402] / Н. Ф. Карнаухов .— Ростов-на-Дону : Феникс, 2006 .— 320 с.

3. Журавлев, Ю. Н. Активные магнитные подшипники : теория, расчет, применение / Ю. Н. Журавлев .— СПб. : Политехника, 2003 .— 206 с. : ил. ; 21 см .— Библиогр.: с. 198-202 (106 назв.) .— ISBN 5-7325-0655-1.

4. Балагуров, В. А. Проектирование специальных электрических машин переменного тока : [учебное пособие для студентов электромеханических специальностей вузов] / В. А. Балагуров .— М. : Высшая школа, 1982 .— 272 с.

5. Бут, Д. А. Бесконтактные электрические машины : [учебное пособие для студентов электромеханических и электроэнергетических специальностей вузов] / Д. А. Бут .— 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Высшая школа, 1990 .— 415 с

## 6.2 Дополнительная литература

1. Феоктистов, К.П. Космическая техника : перспективы развития : Учеб.пособие для вузов по спец."Ракетостроение", "Космические летательные аппараты и разгонные блоки" / К.П. Феоктистов . М. : Изд-во МГУ, 1997 .— 170с. : ил. ; 21см .— Библиогр.:с.169 .— ISBN 5-7038-1306-9

2. Калнинь, Т.К. Явнополюсные МГД-насосы / Т.К. Калнинь. Рига : Зинатне, 1969. 171с. : ил. ; 21см. Библиогр.:с.162-168

3. Баранов, Г. А. Расчет и проектирование индукционных МГД-машин с жидкометаллическим рабочим телом / Г. А. Баранов, В. А. Глухих, И. Р. Кириллов .— М. : Атомиздат, 1978.248 с. ; 22 см . ISBN .

## 6.3. Интернет-ресурсы (электронные учебно-методические издания, лицензионное программное обеспечение)

Каждый обучающийся (аспирант) в течение всего периода обучения обеспечен индивидуальным неограниченным доступом к следующим электронно-библиотечным системам (ЭБС «Лань» (<http://e.lanbook.com/>), ЭБС Ассоциации «Электронное образование Республики Башкортостан» <http://e-library.ufa-rb.ru>, Консорциум аэрокосмических вузов России <http://elsau.ru/>, Электронная коллекция образовательных ресурсов УГАТУ <http://www.library.ugatu.ac.ru/cgi-bin/zgate.exe?Init+ugatu-fulltxt.xml,simple-fulltxt.xml+rus>), содержащим все издания основной литературы, перечисленные в рабочих программах дисциплин (модулей), практик, НИР сформированным на основании прямых договорных отношений с правообладателями.

Электронно-библиотечная система и электронная информационно-образовательная среда обеспечивают возможность индивидуального доступа для каждого обучающегося из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет, как на территории университета, так и вне ее.

Обучающимся обеспечен доступ к м электронным ресурсам и информационным справочным системам, перечисленным в таблице 1.

Таблица 1

№	Наименование ресурса	Объем фонда электронных ресурсов (экз.)	Доступ	Реквизиты договоров с правообладателями
	2	3	4	5
1.	ЭБС «Лань» <a href="http://e.lanbook.com/">http://e.lanbook.com/</a>	41716	С любого компьютера, имеющего выход в	Договор ЕД-671/0208-14 от 18.07.2014. Договор № ЕД -

			Интернет, после регистрации в ЭБС по сети УГАТУ	1217/0208-15 от 03.08.2015
2.	ЭБС Ассоциации «Электронное образование Республики Башкортостан» <a href="http://e-library.ufa-rb.ru">http://e-library.ufa-rb.ru</a>	1225	С любого компьютера, имеющего выход в Интернет, после регистрации в АБИС «Руслан» на площадке библиотеки УГАТУ	ЭБС создается в партнерстве с вузами РБ. Библиотека УГАТУ – координатор проекта
3.	Консорциум аэрокосмических вузов России <a href="http://elsau.ru/">http://elsau.ru/</a>	1235	С любого компьютера, имеющего выход в Интернет, после регистрации в АБИС «Руслан» на площадке библиотеки УГАТУ	ЭБС создается в партнерстве с аэрокосмическими вузами РФ. Библиотека УГАТУ – координатор проекта
4.	Электронная коллекция образовательных ресурсов УГАТУ <a href="http://www.library.ugatu.ac.ru/cgi-bin/zgate.exe?Init+ugatu-fulltxt.xml,simple-fulltxt.xsl+rus">http://www.library.ugatu.ac.ru/cgi-bin/zgate.exe?Init+ugatu-fulltxt.xml,simple-fulltxt.xsl+rus</a>	528	С любого компьютера по сети УГАТУ	Свидетельство о регистрац. №2012620618 от 22.06.2012
5	Электронная библиотека диссертаций РГБ	885352 экз.	Доступ с компьютеров читальных залов библиотеки, подключенных к ресурсу	Договор №1330/0208-14 от 02.12.2014
6.	СПС «КонсультантПлюс»	2007691 экз.	По сети УГАТУ	Договор 1392/0403-14 т 10.12.14
7.	СПС «Гарант»	6139026 экз.	Доступ с компьютеров читальных залов библиотеки, подключенных к ресурсу	ООО «Гарант-Регион, договор № 3/Б от 21.01.2013 (продлонгирован до 08.02.2016.)
8.	ИПС «Технорма/Документ»	36939 экз.	Локальная установка: библиотека УГАТУ-5 мест; кафедра стандартизации и метрологии-1 место; кафедра начертательной геометрии и черчения-1 место	Договор № АОСС/914-15 № 989/0208-15 от 08.06.2015.
9.	Научная электронная библиотека eLIBRARY* <a href="http://elibrary.ru/">http://elibrary.ru/</a>	9169 полнотекстовых журналов	С любого компьютера, имеющего выход в Интернет, после регистрации в НЭБ на площадке библиотеки УГАТУ	ООО «НАУЧНАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ БИБЛИОТЕКА». № 07-06/06 от 18.05.2006
10.	Тематическая коллекция полнотекстовых журналов	120 наимен. журнал.	С любого компьютера по сети УГАТУ,	Договор №ЭА-190/0208-14 от

	«Mathematics» издательства Elsevier <a href="http://www.sciencedirect.com">http://www.sciencedirect.com</a>		имеющего выход в Интернет	24.12.2014 г.
11.	Научные полнотекстовые журналы издательства Springer* <a href="http://www.springerlink.com">http://www.springerlink.com</a>	1900 наимен. журнал.	С любого компьютера по сети УГАТУ, имеющего выход в Интернет	Доступ открыт по гранту РФФИ
12.	Научные полнотекстовые журналы издательства Taylor & Francis Group* <a href="http://www.tandfonline.com/">http://www.tandfonline.com/</a>	1800 наимен. журнал.	С любого компьютера по сети УГАТУ, имеющего выход в Интернет	В рамках Государственного контракта от 25.02.2014 г. №14.596.11.0002 между Министерством образования и науки и Государственной публичной научно-технической библиотекой России (далее ГПНТБ России)
13.	Научные полнотекстовые журналы издательства Sage Publications*	650 наимен. журнал.	С любого компьютера по сети УГАТУ, имеющего выход в Интернет	В рамках Государственного контракта от 25.02.2014 г. №14.596.11.0002 между Министерством образования и науки и ГПНТБ России
14.	Научные полнотекстовые журналы издательства Oxford University Press* <a href="http://www.oxfordjournals.org/">http://www.oxfordjournals.org/</a>	275 наимен. журналов	С любого компьютера по сети УГАТУ, имеющего выход в Интернет	В рамках Государственного контракта от 25.02.2014 г. №14.596.11.0002 между Министерством образования и науки и ГПНТБ России
15.	Научный полнотекстовый журнал Science The American Association for the Advancement of Science <a href="http://www.sciencemag.org">http://www.sciencemag.org</a>	1 наимен. журнала.	С любого компьютера по сети УГАТУ, имеющего выход в Интернет	В рамках Государственного контракта от 25.02.2014 г. №14.596.11.0002 между Министерством образования и науки и ГПНТБ России
16.	Научный полнотекстовый журнал Nature компании Nature Publishing Group* <a href="http://www.nature.com/">http://www.nature.com/</a>	1 наимен. журнала	С любого компьютера по сети УГАТУ, имеющего выход в Интернет	В рамках Государственного контракта от 25.02.2014 г. №14.596.11.0002 между Министерством образования и науки и

				ГПНТБ России
17.	Научные полнотекстовые журналы Американского института физики <a href="http://scitation.aip.org/">http://scitation.aip.org/</a>	18 наимен. журналов	С любого компьютера по сети УГАТУ, имеющего выход в Интернет	В рамках Государственного контракта от 25.02.2014 г. №14.596.11.0002 между Министерством образования и науки и ГПНТБ России
18.	Научные полнотекстовые ресурсы Optical Society of America* <a href="http://www.opticsinfobase.org/">http://www.opticsinfobase.org/</a>	22 наимен. журн.	С любого компьютера по сети УГАТУ, имеющего выход в Интернет	В рамках Государственного контракта от 25.02.2014 г. №14.596.11.0002 между Министерством образования и науки и ГПНТБ России
19.	База данных GreenFile компании EBSCO* <a href="http://www.greeninfoonline.com">http://www.greeninfoonline.com</a>	5800 библиографич записей, частично с полными текстами	С любого компьютера по сети УГАТУ, имеющего выход в Интернет	Доступ предоставлен компанией EBSCO российским организациям-участникам консорциума НЭЙКОН (в том числе УГАТУ - без подписания лицензионного договора)
20.	Архив научных полнотекстовых журналов зарубежных издательств*- Annual Reviews (1936-2006) Cambridge University Press (1796-2011) цифровой архив журнала Nature (1869- 2011) Oxford University Press (1849– 1995) SAGE Publications (1800-1998) цифровой архив журнала Science (1880 -1996) Taylor & Francis (1798-1997) Институт физики Великобритании The Institute of Physics (1874-2000)	2361 наимен. журн.	С любого компьютера по сети УГАТУ, имеющего выход в Интернет	Доступ предоставлен российским организациям-участникам консорциума НЭЙКОН (в том числе УГАТУ - без подписания лицензионного договора)

Кафедра, реализующая образовательную программу подготовки научно-педагогических кадров высшей квалификации обеспечена необходимым комплектом программного обеспечения:

Программный комплекс – операционная система Microsoft Windows (№ договора ЭФ-193/0503-14, 1800 компьютеров, на которые распространяется право пользования)

Программный комплекс –Microsoft Office (№ договора ЭФ-193/0503-14, 1800 компьютеров, на которые распространяется право пользования)

Программный комплекс –Microsoft Project Professional (№ договора ЭФ-193/0503-14, 50 компьютеров, на которые распространяется право пользования)

Программный комплекс – операционная система Microsoft Visio Pro (№ договора ЭФ-193/0503-14, 50 компьютеров, на которые распространяется право пользования)

Программный комплекс – серверная операционная система Windows Server Datacenter (№ договора ЭФ-193/0503-14, 50 компьютеров, на которые распространяется право пользования)

Kaspersky Endpoint Security для бизнеса («лицензии 13С8-140128-132040, 500 users).

Dr.Web® Desktop Security Suite (КЗ) +ЦУ (АН99-VCUN-ТПPJ-6k3L, 415 рабочих станций)

ESET Smart Security Business (EAV-8424791, 500 пользователей)

Matlab – коммерческая лицензия №726128, №726130;

Elcut – пакет математических расчетов и моделирования динамических процессов в ЭМПЭ (академическая лицензия);

КОМПАС 3D v.13 лицензия № 314854068.

#### 6.4 Методические указания к практическим занятиям

Цель практической работы: Исследование параметров электромеханического преобразователя энергии улучшенными характеристиками.

##### 6.4.1. Теоретические сведения.

Исследованию электромагнитных процессов в электромеханических преобразователях с распределенной вторичной системой посвящено большое количество работ, в которых определяются электромагнитные силы, действующие на электропроводящие жидкости и обеспечивающие их транспортировку в МГД-насосах, или электромагнитные моменты в электромеханических преобразователях с полым ротором. В данной работе решается задача по определению аксиальных сил с учетом вылетов ротора электромагнитного демпфера, представленного на рис. 6.1.

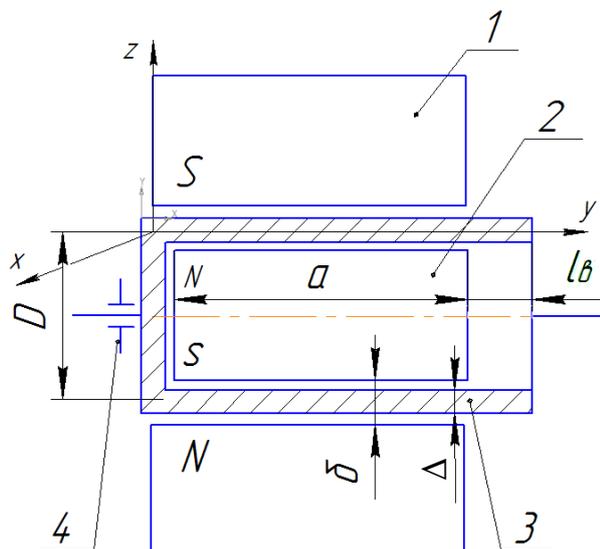


Рис.6.1. Определение аксиальных сил с учетом вылетов ротора электромагнитного демпфера: 1 – внешний постоянный магнит; 2 – внутренний постоянный магнит; 3 – полый ротор; 4 –подшипник;  $D$  – средний диаметр полого ротора;  $\delta$  – воздушный зазор;  $\Delta$  – толщина полого ротора;  $l_b$  – длина зоны вылетов демпфера;

При решении задачи принимаются следующие допущения:

Толщина рабочего воздушного зазора значительно меньше радиуса кривизны.

Индукция первичного магнитного поля в зазоре задана основной гармоникой и не меняется по высоте зазора.

Первичное магнитное поле вне индуктора не учитывается.

Плотность наведенных токов по толщине ротора постоянна.

Магнитная проницаемость материала ротора равна магнитной проницаемости вакуума –  $\mu_0$ , а стали магнитопроводов – равна бесконечности.

В рабочем зазоре имеются только основные гармоники магнитных и электрических полей.

С учетом этих допущений, решая уравнения электромагнитного поля:

$$\begin{aligned} \operatorname{rot} \bar{H} &= \bar{\delta} + \bar{\delta}_{\text{ст}}; \\ \operatorname{rot} \bar{E} &= -\frac{\partial \bar{B}}{\partial t}; \\ \bar{\delta} &= \sigma(\bar{E} + \bar{V} \times \bar{B}); \\ \operatorname{div} \bar{B} &= 0; \\ \operatorname{div} \bar{\delta} &= 0, \end{aligned} \quad (6.1)$$

где  $\bar{H}_1$  и  $\bar{B}_1$ ,  $\bar{H}_2$  и  $\bar{B}_2$  – соответственно векторы напряженности и индукции первичного и вторичного магнитных полей;  $\bar{E}$  – вектор напряженности электрического поля;  $\bar{\delta}$  – вектор плотности наведенного тока;  $\sigma$  – удельная электрическая проводимость материала ротора;  $\bar{V}$  – вектор скорости движения электропроводящего слоя относительно системы координат.

С использованием метода наложения и представляя результирующие векторы напряженности  $\bar{H}$ , индукцию  $\bar{B}$  магнитного поля в виде суммы первичного и вторичного полей:  $\bar{H} = \bar{H}_1 + \bar{H}_2$ ,  $\bar{B} = \bar{B}_1 + \bar{B}_2$  и переходя к комплексной форме можно получить уравнение для комплексных амплитуд напряженности вторичного магнитного поля:

для области в пределах  $a$ :

$$\frac{d\dot{H}_{2m}}{dy^2} - \lambda^2 \dot{H}_2 = j\epsilon\alpha^2 \dot{H}_{1m};$$

для зоны вылетов  $l_b$ :

$$\frac{d\dot{H}_{2m}}{dy^2} - \alpha^2 \dot{H}_2 = 0,$$

(2)

где  $\dot{H}_{1m}$  и  $\dot{H}_{2m}$  соответственно комплексные амплитуды напряженности первичного и вторичного магнитных полей;  $\lambda^2 = (1 + j\epsilon)\alpha^2$ ;  $\epsilon = \frac{\sigma\omega\mu_0}{\alpha^2} k_d$ ;  $\omega$  – угловая частота токов в полум

роторе;  $\alpha = \frac{\pi}{\tau}$ ,  $\tau$  – полюсное деление;  $\tau = \frac{\pi D}{2p}$ ;  $p$  – число пар полюсов;  $k_d$  – коэффициент

приведения магнитной системы к расчетной модели;  $D$  – средний диаметр ротора.

Решение системы уравнений (6.2) может быть представлено в виде:

$$\begin{cases} \dot{H}_{2m1} = C_1 \operatorname{sh}\lambda y + C_2 \operatorname{ch}\lambda y - \frac{j\epsilon}{1 + j\epsilon} \dot{H}_{1m}; \\ \dot{H}_{2m1} = C_3 \operatorname{sh}\alpha y + C_4 \operatorname{ch}\alpha y. \end{cases} \quad (6.3)$$

Плотность токов в роторе:

$$\begin{cases} \dot{\delta}_{ym1} = j\alpha \dot{H}_{2m1} = j\alpha \left( C_1 \operatorname{sh}\lambda y + C_2 \operatorname{ch}\lambda y - \frac{j\varepsilon}{1+j\varepsilon} \dot{H}_{1m} \right); \\ \dot{\delta}_{xm1} = \lambda (C_1 \operatorname{ch}\lambda y + C_2 \operatorname{sh}\lambda y); \\ \dot{\delta}_{ym2} = j\alpha (C_3 \operatorname{sh}\alpha y + C_4 \operatorname{ch}\alpha y); \\ \dot{\delta}_{xm2} = \alpha (C_3 \operatorname{sh}\alpha y + C_4 \operatorname{ch}\alpha y). \end{cases} \quad (6.4)$$

Постоянные интегрирования находят с использованием следующих граничных условий:

1. При  $y=0$   $\dot{E}_{xm1} = 0$ ,  $\sigma \dot{E}_{xm1} = 0$ ,
2. При  $y=a$   $\dot{\delta}_{ym1} = \dot{\delta}_{ym2}$ ,  $\dot{\delta}_{xm1} = \dot{\delta}_{xm2}$ ,
3. При  $y=a+l_B$   $\dot{\delta}_{ym2} = 0$ .

Для определения аксиальных сил необходимо определение тангенциальной составляющей плотности тока в зоне  $a$ , которая представляется в виде:

$$\dot{\delta}_{xm1} = \frac{-j\varepsilon}{1+j\varepsilon} \dot{H}_{1m} \times \frac{\lambda \operatorname{sh}\lambda y}{\operatorname{ch}\lambda \alpha \left( 1 + \frac{\lambda}{\alpha} \operatorname{th}\lambda a \operatorname{th}\alpha l_B \right)} \quad (6.5)$$

Используя эту зависимость, находится аксиальная составляющая силы:

$$F_y = \pi D \Delta \frac{1}{2} \operatorname{Re} \int_0^a \dot{\delta}_{xm1} B_{1m} dy \quad (6.6)$$

После подстановки в (6.6) выражение для плотности  $\dot{\delta}_{xm1}$ , дальнейшего интегрирования и преобразования получим соотношение:

$$F_y = \frac{B_{m1}^2}{2\mu_0} \pi D \Delta \operatorname{Re} \frac{-j\varepsilon}{(1+j\varepsilon) \left( 1 + \frac{\lambda}{\alpha} \operatorname{th}\lambda a \operatorname{th}\alpha l_B \right)} \times \left( 1 - \frac{1}{\operatorname{ch}\lambda \alpha} \right),$$

которое можно представить как:

$$F_y = F_{ym} f_*,$$

где  $\frac{F_y}{F_{ym}}$  – относительная сила в безразмерном представлении, зависящая от геометрии ротора,

скорости вращения и физических свойств материалов демпфера;  $F_{ym} = \frac{B_{1m}^2}{2\mu_0} \pi D \Delta$ ;

$$f_* = \operatorname{Re} \frac{-j\varepsilon}{(1+j\varepsilon) \left( 1 + \frac{\lambda}{\alpha} \operatorname{th}\lambda a \operatorname{th}\alpha l_B \right)} \times \left( 1 - \frac{1}{\operatorname{ch}\lambda \alpha} \right).$$

#### 6.4.2. Задание:

Изучить теоретические сведения

С помощью программы моделирования построить зависимости аксиальных сил от геометрических размеров демпфера (длины зоны вылетов –  $\alpha l_B$ , длины полого ротора –  $\alpha a$ ), скорости вращения и физических свойств материалов демпфера –  $\varepsilon$ .

Проанализировать влияние геометрических размеров демпфера на аксиальные силы демпфера.

При выполнении данной практической работы командой студентов должны быть рассмотрены различные методы повышения характеристик электромеханического

преобразователя энергии за счет применения новых материалов. В результате выполнения практической работы студенты должны овладеть компетенциями ОПК-2, ПК-2.

### **7. Образовательные технологии**

При реализации ОПОП ВО подготовки кадров высшей квалификации при реализации различных видов учебной работы применяются информационные технологии (использование компьютерных тестирующих средств оценки уровня знаний обучаемых, использование мультимедийного сопровождения лекций, электронных мультимедийных учебных пособий и др.) и интерактивные методы и технологии обучения (лекции-визуализации, тренинг), с учетом содержания дисциплины и видов занятий, предусмотренных учебным планом.

### **8. Методические указания по освоению дисциплины**

При изучении дисциплины студент должен посещать все лекции, а также практические занятия. Подготовить реферат. В процессе изучения дисциплины студентам рекомендуется подготовка обзорной статьи в которой будут изложены тенденции развития объекта исследования в диссертации студента. Также в процессе изучения дисциплины на основе критериального анализа студент должен разработать новое конструктивное или схмотехническое решение по ЭМП исследуемым им в рамках диссертации.

При самостоятельной подготовки студент должен пользоваться не только учебно-методической литературой, но и периодической научной литературой. В частности журналами «Электротехника», «Электричество», «Известия РАН. Энергетика» и т.д, а также зарубежной литературой и периодическими изданиями.

### **9. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Материально-техническая база обеспечивается наличием:

- лекционных аудиторий с современными средствами демонстрации: 4-204, 4-206, 4-209, 4-211;
- кафедральных лабораторий, обеспечивающих реализацию ОПОП ВО: «Компьютерный класс» (4-202); «Проектирования специальных ЭМПЭ – УГАТУ-РУСЭЛПРОМ» (4-201); «Электроэнергетики» (4-204); «Основ электропривода» (4-209); «УИЛ Магнетрон» (4-208); «Электрических машин» (4-211); «Электрических и электронных аппаратов» (4-212), «Электроэнергетических систем и сетей» (4-116), «Электрических машин и микромашин. Технологии изготовления ЭМПЭ» (4-214), «Релейной защиты и автоматики» (4-122).

#### **Технические установки:**

Модернизированные экспериментальные установки: комплексное испытательное устройство «Сатурн-М1»; адаптивное векторное управление мощной машинно-вентильной системой "Преобразователь частоты - асинхронный двигатель"; машинно-вентильная система "Преобразователь частоты - синхронный двигатель"; машинно-вентильная система "Тиристорный преобразователь - высокомоментный ДПТ на постоянных магнитах"; машинно-вентильная система "Широтно-импульсный регулятор напряжения - ДПТ с НВ"; машинно-вентильная система "Тиристорный преобразователь-ДПТ с НВ"; тиристорный преобразователь напряжения. Режимы источника тока и источника напряжения. R-нагрузка и L-R нагрузка. Исследование системы импульсного фазового управления (СИФУ); вентильная система – «Блок управления симисторами и тиристорами - силовая сборка»; широтно-импульсный преобразователь. R-нагрузка и L-R нагрузка. Режимы источника тока и источника напряжения.

#### **Технические средства обучения:**

Компьютерный класс, оснащенный двенадцатью 2-х ядерных компьютерами, подключенными к сети Internet. Программное обеспечение включает в себя средства разработки 3D моделей: COSMOS, CADMech и др.; средства разработки 2D чертежей: КОМПАС V9, AutoCAD rus, CADMech; а также Maple, Mathcad, Windows 2003 Server, MS Windows XP, Adobe Acrobat Reader, Microsoft Office, TechCard, EdgeCAM, Ansys CFX, ELCUT и другие. Активно используются запатентованные программные средства собственной разработки.

#### **Оборудование:**

Исследовательское оборудование: преобразователь частоты ATV08HUN4; конвертор RS485/RS232 ACE909-2; аналого-цифровой преобразователь HANDPROBE 5 (со специальным программным обеспечением); фазометры Ф2-16, Д5781; осциллографы PDS-5022S, Gwinstek, Owon; программатор PicProg; вольтметр GDM8135; измеритель мощности цифровой DM2436AB; латр TDGC2-10 (10кВт, 40А); тахометры АТТ-6000, АТТ-6006.

Электромеханические преобразователи энергии: двигатели постоянного тока с независимым возбуждением (ДПТ с НВ) и с последовательным возбуждением (ДПТ с ПВ); асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором (с цифровым ваттметром) и с фазным ротором; синхронный трехфазный генератор (4 кВт); вентильный электродвигатель постоянного тока на постоянных магнитах.

#### **10. Адаптация рабочей программы для лиц с ОВЗ**

Адаптированная программа разрабатывается при наличии заявления со стороны обучающегося (родителей, законных представителей) и медицинских показаний (рекомендациями психолого-медико-педагогической комиссии). Для инвалидов адаптированная образовательная программа разрабатывается в соответствии с индивидуальной программой реабилитации.

**ЛИСТ**

**согласования рабочей программы**

Направление подготовки: 13.06.01 Электро- и теплотехника  
код и наименование

Направленность подготовки (программа) Электромеханика и электрические аппараты  
наименование

Дисциплина: Перспективы развития электромеханических преобразователей энергии

Учебный год 20 /20

РЕКОМЕНДОВАНА заседанием кафедры ЭМ  
наименование кафедры

протокол № 15 от "24" июня 2015 г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
подпись Ф.Р. Исмагилов  
расшифровка подписи

Исполнители:

проф. \_\_\_\_\_ Ф.Р. Исмагилов  
доц. \_\_\_\_\_ О.А. Юшкова  
должность подпись расшифровка подписи

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий кафедрой<sup>1</sup>

\_\_\_\_\_ Ф.Р. Исмагилов  
наименование кафедры личная подпись расшифровка подписи дата

Председатель НМС по УГСН 13.00.00 Электро- и теплоэнергетика  
протокол № 1А от "28" "08" 2015 г.

\_\_\_\_\_ Ф.Р. Исмагилов  
личная подпись расшифровка подписи

Библиотека \_\_\_\_\_  
личная подпись расшифровка подписи дата

Начальник отдела аспирантуры \_\_\_\_\_  
личная подпись расшифровка подписи дата

Рабочая программа зарегистрирована в ООПМА и внесена в электронную базу  
данных

Начальник \_\_\_\_\_  
личная подпись расшифровка подписи дата

<sup>1</sup> Согласование осуществляется с выпускающими кафедрами (для рабочих программ, подготовленных на кафедрах, обеспечивающих подготовку для других направлений и специальностей)

**Дополнения и изменения в рабочей программе учебной дисциплины  
на 20\_\_/20\_\_ уч. год**

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета (директор института, филиала)

\_\_\_\_\_ ФИО

(подпись)

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

В рабочую программу по дисциплине \_\_\_\_\_

для направления \_\_\_\_\_

направленность (программа) \_\_\_\_\_

вносятся следующие изменения:

1) .....

2) .....

ПЕРЕСМОТРЕНА на заседании кафедры \_\_\_\_\_  
наименование кафедры

протокол № \_\_\_\_\_ от "\_\_\_" \_\_\_\_\_ 2015 г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
подпись                      расшифровка подписи

ОДОБРЕНА на заседании НМС по УГСН 13.00.00 Электро- и теплоэнергетика

протокол № \_\_\_\_\_ от "\_\_\_" \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Председатель \_\_\_\_\_  
личная подпись                      расшифровка подписи

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий кафедрой<sup>2</sup>

\_\_\_\_\_  
наименование кафедры                      личная подпись                      расшифровка подписи                      дата

Библиотека<sup>3</sup> \_\_\_\_\_  
личная подпись                      расшифровка подписи                      дата

Дополнения и изменения внесены в базу данных рабочих программ дисциплин

Начальник ООПМА \_\_\_\_\_  
личная подпись                      расшифровка подписи                      дата

<sup>2</sup> Согласование осуществляется с выпускающими кафедрами (для рабочих программ, подготовленных на кафедрах, обеспечивающих подготовку для других направлений подготовки научно-педагогических кадров высшей квалификации)

<sup>3</sup> Только при внесении изменений в список литературы