

**Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Московский физико-технический институт  
(национальный исследовательский университет)»**

**УТВЕРЖДЕНО**  
**Директор физтех-школы**  
**аэрокосмических технологий**  
**С.С. Негодяев**

	<b>Рабочая программа дисциплины (модуля)</b>
<b>по дисциплине:</b>	Введение в специальность
<b>по направлению:</b>	Прикладные математика и физика
<b>профиль подготовки:</b>	Пучково-плазменные системы и технологии Физтех-школа Аэрокосмических Технологий кафедра логистических систем и технологий
<b>курс:</b>	1
<b>квалификация:</b>	магистр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 1 (осенний) - Зачет

Аудиторных часов: 30 всего, в том числе:

лекции: 0 час.

семинары: 30 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 15 час.

Всего часов: 45, всего зач. ед.: 1

Программу составил: М.Н. Васильев, д-р техн. наук, профессор

Программа обсуждена на заседании кафедры логистических систем и технологий 04.06.2020

## Аннотация

В курсе рассматриваются общая организация обучения студентов МФТИ по магистерской программе «Пучково-плазменные системы и технологии». Дается общее представление о содержании дисциплин, включенный в учебный план по данному профилю в рамках направления «Прикладные математика и физика». Дается информация о тематике НИР при выполнении индивидуальных и групповых учебных проектов, а также проектов, которые выполняются студентами при подготовке магистерских диссертаций. Излагаются базовые физические, химические и технические принципы работы пучково-плазменных систем различного назначения. Программой учебного курса предусмотрено знакомство студентов с оборудованием и приборами, используемыми при проведении экспериментов, особенностями эксплуатации основных и вспомогательных систем экспериментального комплекса и проведение ряда самостоятельных измерений на работающих установках.

### 1. Цели и задачи

#### Цель дисциплины

Ознакомить студентов с техникой генерации электронно-пучковой плазмы, методами исследования ее свойств и основными приложениями электронно-пучковой плазмы в производственных и аэрокосмических технологиях.

#### Задачи дисциплины

- Демонстрация студентам работы пучково-плазменных систем, имеющих в наличии на кафедре логистических систем и технологий.
- Ознакомление студентов с направлениями предполагаемых НИР и учебных практик.
- Разработка заданий на выполнение индивидуальных и групповых проектов, подлежащих реализации в течение первого года обучения в магистратуре по программе «Пучково-плазменные системы и технологии».

### 2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	УК-1.1 Анализирует проблемную ситуацию как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними
	УК-1.2 Осуществляет поиск вариантов решения поставленной проблемной ситуации на основе доступных источников информации
	УК-1.3 Разрабатывает стратегию достижения поставленной цели как последовательность шагов, предвидя результат каждого из них и оценивая их влияние на внешнее окружение планируемой деятельности и на взаимоотношения участников этой деятельности
ОПК-1 Владеет системой фундаментальных научных знаний в области физико-математических наук	ОПК-1.1 Знает и способен использовать в профессиональной деятельности фундаментальные научные знания в области физико-математических наук
	ОПК-1.2 Способен обобщать и критически оценивать опыт и результаты научных исследований в области профессиональной деятельности
	ОПК-1.3 Понимает междисциплинарные связи в области математики и физики и способен их применять при решении задач профессиональной деятельности
ПК-1 Способен ставить, формализовывать и решать задачи, в том числе разрабатывать и исследовать математические модели изучаемых явлений и процессов, системно анализировать научные проблемы, получать новые научные результаты	ПК-1.1 Способен находить, анализировать и обобщать информацию об актуальных результатах исследований в рамках тематической области своей профессиональной деятельности

ПК-2 Способен самостоятельно или в качестве члена (руководителя) малого коллектива организовывать и проводить научные исследования и их апробацию	ПК-2.1 Способен планировать и проводить научные исследования самостоятельно или в составе научного коллектива
---	---

### 3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- общие сведения о принципах действия и конструкциях пучково-плазменных установок;
- основные приемы работы на пучково-плазменных установках, особенности их эксплуатации и технического обслуживания;
- методы измерения основных параметров, характеризующих режимы работы пучково-плазменных - установок и свойства электронно-пучковой плазмы, а также методы обработки данных, получаемых с первичных датчиков;
- основные параметры и целевые характеристики пучково-плазменных систем технологического назначения.

уметь:

- применять на практике основные понятия, используемые при анализе и синтезе пучково-плазменных систем;
- выбирать оптимальный способ постановки экспериментов на пучково-плазменных установках;
- производить численные оценки по порядку величины ключевых характеристик пучково-плазменных установок;
- формулировать постановку задач экспериментального исследования свойств электронно-пучковой плазмы и ее применения в производственных и аэрокосмических технологиях;
- определять (уточнять) методы решения задач экспериментального исследования свойств электронно-пучковой плазмы и ее применения в производственных и аэрокосмических технологиях;
- осваивать новые предметные области, теоретические подходы и экспериментальные методики, связанные с анализом, проектированием и применением пучково-плазменных систем.

владеть:

- навыками освоения большого объема междисциплинарной информации;
- культурой постановки задач в области конструирования и применения пучково-плазменных систем;
- базовыми навыками работы на пучково-плазменных установках.

### 4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

#### 4.1. Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкости по видам учебных занятий

№	Тема (раздел) дисциплины	Трудоемкость по видам учебных занятий, включая самостоятельную работу, час.			
		Лекции	Семинары	Лаборат. работы	Самост. работа
1	Принцип генерации электронно-пучковой плазмы, основные схемные решения пучково-плазменных установок.		4		1

2	Основные параметры, характеризующие работу пучково-плазменных установок, и методы их измерения. Методы управления пучково-плазменными установками.		4		2
3	Используемые методы измерения физических величин, характеризующих свойства электронно-пучковой плазмы.		4		2
4	Постановка экспериментов по исследованию пучково-плазменного воздействия на вещество.		4		2
5	Постановка экспериментов по генерации потоков электронно-пучковой плазмы применительно к аэрокосмическим технологиям.		4		2
6	Постановка задач по системному анализу и моделированию пучково-плазменных систем. Оптимизация пучково-плазменных систем.		4		2
7	Обсуждение тематики и содержания индивидуальных и групповых проектов, подлежащих выполнению в рамках учебных практик.		6		4
Итого часов			30		15
Подготовка к экзамену		0 час.			
Общая трудоёмкость		45 час., 1 зач.ед.			

#### 4.2. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам)

##### Семестр: 1 (Осенний)

1. Принцип генерации электронно-пучковой плазмы, основные схемные решения пучково-плазменных установок.

Введение. Предмет, цели и задачи курса. Техника генерации электронных пучков. Способы инжекции электронных пучков в плотные газообразные среды. Газодинамические выводные окна. Основные системы и узлы пучково-плазменных установок. Распространение концентрированных электронных пучков в плотной газообразной среде. Ионизация и возбуждение газа электронным пучком.

2. Основные параметры, характеризующие работу пучково-плазменных установок, и методы их измерения. Методы управления пучково-плазменными установками.

Характеристики электронных пушек и электронных пучков, формируемых в вакууме. Управление ускоряющим напряжением и силой тока электронного пучка. Цилиндры Фарадея, коллекторы, зонды, калориметрические методы измерения тока электронного пучка. Характеристики выводных окон. Коэффициент прохождения электронного пучка через выводное окно и его зависимость от давления плазмообразующей среды. Управление плотностью энерговыделения электронного пучка в газе, сканирование электронным пучком при его инжекции в плотный газ. Регулирование и поддержание давления плазмообразующей среды. Генерация тормозного излучения при работе пучково-плазменных установок и методы его измерения.

3. Используемые методы измерения физических величин, характеризующих свойства электронно-пучковой плазмы.

Зондовые методы диагностики электронно-пучковой плазмы. Оптические методы диагностики электронно-пучковой плазмы, оптические спектрометры. Масспектрометры. Измерение температуры твердых тел, помещенных в электронно-пучковую плазму. Пирометрия в пучково-плазменных установках.

4. Постановка экспериментов по исследованию пучково-плазменного воздействия на вещество.

Нагрев твердых тел, помещенных в электронно-пучковую плазму. Эмиссия оптического и рентгеновского излучения твердыми телами, находящимися в электронно-пучковой плазме. Плазмохимические процессы на поверхности твердого тела, контактирующего с электронно-пучковой плазмой. Генерация электронно-пучковой плазмы аэрозолей.

5. Постановка экспериментов по генерации потоков электронно-пучковой плазмы применительно к аэрокосмическим технологиям.

Генерация потоков электронно-пучковой плазмы воздуха и газовых смесей. Измерение аэродинамических характеристик тел, обдуваемых потоком электронно-пучковой плазмы. Плазменно-стимулированное горение. Аэрозоли в потоке электронно-пучковой плазмы

6. Постановка задач по системному анализу и моделированию пучково-плазменных систем. Оптимизация пучково-плазменных систем.

Системная увязка основных узлов пучково-плазменных установок. Обеспечение надежной работы пучково-плазменных установок, техническое обслуживание основных и вспомогательных систем. Радиационная безопасность пучково-плазменных установок. Системная оценка эффективности пучково-плазменных установок различного назначения, критерии эффективности.

7. Обсуждение тематики и содержания индивидуальных и групповых проектов, подлежащих выполнению в рамках учебных практик.

Проекты, связанные с генерацией и исследованием свойств электронно-пучковой плазмы различных сред. Проекты, связанные с исследованием модификации свойств и функционализацией различных материалов в электронно-пучковой плазме. Проекты по медико-биологическим приложениям электронно-пучковой плазмы. Проекты, связанные с конверсией жидких и газообразных углеводородов в неравновесной плазме.

## **5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

Экспериментальный комплекс «Пучково-плазменные системы и технологии» в составе установок ЭЛУ-1 и ЭЛУ-2, диагностического оборудования, вспомогательного и специального технологического оборудования (помещение 222 корпуса УПМ МФТИ).

## **6. Перечень рекомендуемой литературы**

### **Основная литература**

- 1) M. Vasiliev, T. Vasilieva. Materials production with Beam Plasmas. In Encyclopedia of Plasma Technology (Ed. J.L. Shohet, Taylor & Francis), 2016
- 2) Васильев М.Н. Применение электронно-пучковой плазмы в плазмохимии / Энциклопедия низкотемпературной плазмы. Под ред. В.Е. Фортова. Т. XI. М.: Наука, 2001. С. 436-445.

### **Дополнительная литература**

- 1) Бычков В.Л., Васильев М.Н., Коротеев А.С. "Электронно-пучковая плазма. Генерация, свойства, применение". М.: Изд. МГОУ А/О Росвузнаука, 1993. – 167 с.
- 2) M. Vasiliev, Aung Tun Win, I. Pobol. "New applications of the Beam-Plasma Systems for the materials production" Int. J. Nanotechnology. 2014, Vol. 11, Nos 5/6/7/8, P. 660-668
- 3) M.N. Vasiliev, Aung Tun Win. Generation and Applications of Electron-Beam Plasma Flows // Journal of Physics Conference Series. 2015, V. 591. doi:10.1088/1742-6596/591/1/012051
- 4) T. Vasilieva, S. Lopatin, V. Varlamov, V. Miasnikov, Aung Myat Hein, M. Vasiliev Hydrolysis of chitin and chitosan in low temperature electron-beam plasma // Pure and Applied Chemistry - – 2016. – V.88, N9 – P. 873-879.

## **7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)**

1. <http://www.edu.ru> – федеральный портал «Российское образование».

## **8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень необходимого программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)**

Microsoft Word, приложение для подготовки презентаций Microsoft Power Point, программные пакеты Matlab, Excel.

## **9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)**

Успешное освоение дисциплины требует напряжённой самостоятельной работы студента. В программе курса приведено минимально необходимое время для работы студента над темой. Самостоятельная работа включает в себя:

- чтение рекомендованной основной и дополнительной литературы;
- изучение чтения технических описаний и инструкций по эксплуатации оборудования, используемого - при проведении экспериментов;
- подготовку предложений по постановке экспериментов в рамках индивидуальных и групповых проектов;
- знакомство с публикациями по тематике предполагаемых проектов.

Руководство и контроль самостоятельной работы студента осуществляется преподавателем при заслушивании презентаций, подготовливаемых студентами, а также в ходе дискуссий во время практических занятий.

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)**

**по направлению:** Прикладные математика и физика  
**профиль подготовки:** Пучково-плазменные системы и технологии  
Физтех-школа Аэрокосмических Технологий  
кафедра логистических систем и технологий  
**курс:** 1  
**квалификация:** магистр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 1 (осенний) - Зачет

**Разработчик:** М.Н. Васильев, д-р техн. наук, профессор

## 1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	УК-1.1 Анализирует проблемную ситуацию как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними
	УК-1.2 Осуществляет поиск вариантов решения поставленной проблемной ситуации на основе доступных источников информации
	УК-1.3 Разрабатывает стратегию достижения поставленной цели как последовательность шагов, предвидя результат каждого из них и оценивая их влияние на внешнее окружение планируемой деятельности и на взаимоотношения участников этой деятельности
ОПК-1 Владеет системой фундаментальных научных знаний в области физико-математических наук	ОПК-1.1 Знает и способен использовать в профессиональной деятельности фундаментальные научные знания в области физико-математических наук
	ОПК-1.2 Способен обобщать и критически оценивать опыт и результаты научных исследований в области профессиональной деятельности
	ОПК-1.3 Понимает междисциплинарные связи в области математики и физики и способен их применять при решении задач профессиональной деятельности
ПК-1 Способен ставить, формализовывать и решать задачи, в том числе разрабатывать и исследовать математические модели изучаемых явлений и процессов, системно анализировать научные проблемы, получать новые научные результаты	ПК-1.1 Способен находить, анализировать и обобщать информацию об актуальных результатах исследований в рамках тематической области своей профессиональной деятельности
ПК-2 Способен самостоятельно или в качестве члена (руководителя) малого коллектива организовывать и проводить научные исследования и их апробацию	ПК-2.1 Способен планировать и проводить научные исследования самостоятельно или в составе научного коллектива

## 2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Введение в специальность» обучающийся должен:

### знать:

- общие сведения о принципах действия и конструкциях пучково-плазменных установок;
- основные приемы работы на пучково-плазменных установках, особенности их эксплуатации и технического обслуживания;
- методы измерения основных параметров, характеризующих режимы работы пучково-плазменных - установок и свойства электронно-пучковой плазмы, а также методы обработки данных, получаемых с первичных датчиков;
- основные параметры и целевые характеристики пучково-плазменных систем технологического назначения.

### уметь:



- применять на практике основные понятия, используемые при анализе и синтезе пучково-плазменных систем;
- выбирать оптимальный способ постановки экспериментов на пучково-плазменных установках;
- производить численные оценки по порядку величины ключевых характеристик пучково-плазменных установок;
- формулировать постановку задач экспериментального исследования свойств электронно-пучковой плазмы и ее применения в производственных и аэрокосмических технологиях;
- определять (уточнять) методы решения задач экспериментального исследования свойств электронно-пучковой плазмы и ее применения в производственных и аэрокосмических технологиях;
- осваивать новые предметные области, теоретические подходы и экспериментальные методики, связанные с анализом, проектированием и применением пучково-плазменных систем.

#### **владеть:**

- навыками освоения большого объема междисциплинарной информации;
- культурой постановки задач в области конструирования и применения пучково-плазменных систем;
- базовыми навыками работы на пучково-плазменных установках.

### **3. Перечень типовых (примерных) вопросов, заданий, тем для подготовки к текущему контролю**

Текущий контроль осуществляется в форме самостоятельных работ или тестов в письменной форме по каждой теме.

Руководство и контроль за самостоятельной работой студента осуществляется в результате анализа итогов контрольных, самостоятельных работ, а также индивидуальных консультаций.

### **4. Перечень типовых (примерных) вопросов и тем для проведения промежуточной аттестации обучающихся**

Аттестация по дисциплине «Ведение в специальность» осуществляется в форме зачета.

Примеры контрольных вопросов к зачёту:

1. Принцип генерации электронно-пучковой плазмы.
2. Способы генерации электронных пучков применительно к задаче генерации электронно-пучковой плазмы.
3. Способы проводки электронных пучков из вакуума в плотную газообразную среду. Преимущества, недостатки и ограничения различных способов проводки пучка.
4. Формирование плазмообразующей среды в генераторах электронно-пучковой плазмы. Ограничения на состав и давление плазмообразующей среды.
5. Транспортировка концентрированных электронных пучков в плотной газообразной среде. Рассеяние, торможение и поглощение электронов в газе.
6. Взаимодействие электронно-пучковой плазмы с твердым телом. Процессы, происходящие на границе контакта пучковая плазма - твердое тело.
7. Генераторы электронно-пучковой плазмы. Основные и вспомогательные системы пучково-плазменных установок.
8. Пучково-плазменные установки с возможностью размещения твердого тела в плазменном объеме.
9. Системная увязка элементов пучково-плазменных установок различных типов.
10. Методы измерения основных параметров электронных пучков.
11. Основные параметры, характеризующие свойства электронно-пучковой плазмы, и методы их измерений.
12. Способы измерения температуры твердого тела, помещенного в электронно-пучковую плазму.
13. Генерация излучений различной природы в электронно-пучковой плазме.
14. Тормозное рентгеновское излучение, радиационная защита пучково-плазменных установок.

15. Технологии термической обработки материалов в электронно-пучковой плазме.
16. Технологии химико-термической обработки материалов в электронно-пучковой плазме.
17. Плазмохимические технологии обработки материалов в электронно-пучковой плазме при низких температурах.
18. Технологии модификации полимеров и биополимеров в электронно-пучковой плазме.
19. Известные аэрокосмические приложения электронно-пучковой плазмы.

Примеры билетов:

Билет №1

1. Формирование плазмообразующей среды в генераторах электронно-пучковой плазмы. Ограничения на состав и давление плазмообразующей среды.
2. Способы измерения температуры твердого тела, помещенного в электронно-пучковую плазму.

Билет №2

1. Технологии модификации полимеров и биополимеров в электронно-пучковой плазме.
2. Генераторы электронно-пучковой плазмы. Основные и вспомогательные системы пучково-плазменных установок.

Билет №3

1. Технологии модификации полимеров и биополимеров в электронно-пучковой плазме.
2. Генераторы электронно-пучковой плазмы. Основные и вспомогательные системы пучково-плазменных установок.

Критерии оценивания

Оценка «зачтено» выставляется обучающемуся, если он показал всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений;

оценка «не зачтено» выставляется обучающемуся, который не знает большей части основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных понятий дисциплины и не умеет использовать полученные знания при решении типовых практических задач.

## **5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности**

При проведении зачета студенту в устной форме задаются 1-2 или более (не более 5) вопросов с учетом оценки преподавателем активности студента на занятиях.

Необходимым условием получения зачета является представление каждым студентом презентации с планом предполагаемой работы в рамках индивидуального научно-исследовательского проекта. Презентация должна содержать обоснование темы НИР, в котором излагаются:

- Цели и задачи НИР.
- Выбор методов исследования.
- Ожидаемые результаты.