

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

---

Направление подготовки/специальность: 14.03.01 Ядерная энергетика и теплофизика

Наименование образовательной программы: Термоядерные реакторы и плазменные установки

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

**Рабочая программа дисциплины**  
**ВАКУУМНЫЕ СИСТЕМЫ ПЛАЗМЕННЫХ УСТАНОВОК**

|  |   |
|--|---|
| <b>Блок:</b>   | <b>Блок 1 «Дисциплины (модули)»</b>                             |
| <b>Часть образовательной программы:</b>  | <b>Часть, формируемая участниками образовательных отношений</b> |
| <b>№ дисциплины по учебному плану:</b>   | <b>Б1.Ч.11</b>  |
| <b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>   | <b>7 семестр - 4;</b>   |
| <b>Часов (всего) по учебному плану:</b>  | <b>144 часа</b>   |
| <b>Лекции</b>  | <b>7 семестр - 10 часов;</b>                                    |
| <b>Практические занятия</b>  | <b>7 семестр - 22 часа;</b>                                     |
| <b>Лабораторные работы</b>   | <b>7 семестр - 16 часов;</b>                                    |
| <b>Консультации</b>  | <b>7 семестр - 2 часа;</b>                                      |
| <b>Самостоятельная работа</b>  | <b>7 семестр - 93,5 часа;</b>                                   |
| <b>в том числе на КП/КР</b>  | <b>не предусмотрено учебным планом</b>                          |
| <b>Иная контактная работа</b>  | <b>проводится в рамках часов аудиторных занятий</b>             |
| <b>включая:</b><br><b>Тестирование</b><br><b>Лабораторная работа</b><br><b>Расчетно-графическая работа</b> |   |
| <b>Промежуточная аттестация:</b>   |   |
| <b>Экзамен</b>   | <b>7 семестр - 0,5 часа;</b>                                    |

**Москва 2019**

**ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:**

Преподаватель

(должность)

|  |  |                                |
|--|--|--------------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» |                                |
|  | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ                       |                                |
|  | Владелец   | Захаренков А.В.                |
|  | Идентификатор                                      | R753bbc1a-ZakharenkovAV-d56aae |

(подпись)

А.В. Захаренков

(расшифровка подписи)

**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель  
образовательной программы

(должность, ученая степень, ученое звание)

|  |  |                            |
|--|--|----------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» |                            |
|  | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ                       |                            |
|  | Владелец   | Дедов А.В.                 |
|  | Идентификатор                                      | R72c90f41-DedovAV-d71cc7f4 |

(подпись)

А.В. Дедов

(расшифровка  
подписи)

Заведующий выпускающей  
кафедры

(должность, ученая степень, ученое звание)

|  |  |                            |
|--|--|----------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» |                            |
|  | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ                       |                            |
|  | Владелец   | Дедов А.В.                 |
|  | Идентификатор                                      | R72c90f41-DedovAV-d71cc7f4 |

(подпись)

А.В. Дедов

(расшифровка  
подписи)

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** является изучение принципов, методов и средств вакуумной откачки в плазменных установках

### Задачи дисциплины

- приобретение обучающимися знаний по основам физики высокого вакуума и принципами вакуумной откачки;
- освоение основ проектирования вакуумных систем плазменных промышленных установок;
- освоение основ проектирования вакуумных систем экспериментальных установок;
- обучение студентов методам расчетов основных параметров вакуумных систем.

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-3 Способен к участию в лабораторном и численном эксперименте, обработке опытных данных            | ИД-2ПК-3 Умеет готовить и эксплуатировать вакуумные системы экспериментальных стендов  | знать:<br>- основные понятия вакуумной техники, физические процессы и режимы течения газа в вакууме;<br>- устройство и принцип работы основных элементов вакуумной системы (насосов, ловушек, датчиков, натекателей).<br><br>уметь:<br>- готовить экспериментальные стенды для проведения эксперимента.             |
| ПК-4 Способен к проектированию узлов экспериментальных и промышленных ядерных и плазменных установок | ИД-1ПК-4 Владеет основами проектирования и методами расчета вакуумных систем плазменных промышленных и экспериментальных установок | знать:<br>- принципы и методы получения высокого вакуума.<br><br>уметь:<br>- выполнять обработку экспериментальных данных;<br>- разработать принципиальную схему вакуумной системы, подобрать и проверить на согласование конструктивные элементы системы;<br>- выполнить расчет параметров высоковакуумных систем. |

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Термоядерные реакторы и плазменные установки (далее – ОПОП), направления подготовки 14.03.01 Ядерная энергетика и теплофизика, уровень образования: высшее образование - бакалавриат.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать основные законы общей физики и механики жидкости и газов
- знать природу физических явлений в разреженных газах

- знать методы численного математического моделирования
- уметь выполнять системный анализ технической задачи и выполнять технические расчеты
- уметь работать с техническими справочниками

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 4 зачетных единицы, 144 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     | Основы вакуумной техники                               | 62                    | 7       | 6  | 12  | 12 | -            | - | -   | -  | -  | 32                | -                                 | <p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b><br/>Подготовка к контрольным мероприятиям: КМ-1. Основные понятия вакуумной техники. Явления переноса и режимы течения газа; КМ-2. Защита лабораторных работ № 1, 2, 3; КМ-3 Тест. Конструкционные особенности высоковакуумных насосов; КМ-4 Тест. Способы получения высокого вакуума</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение теоретического материала по разделам "Элементы кинетической теории", "Газовые законы", "Расчет длительности откачки при постоянных газовыделении и натекании", "Растворимость и газосодержание в твердых телах", "Давление паров материалов"</p> <p><b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b><br/>Подготовка к выполнению лабораторных работ</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b><br/>[1], стр. 9-23<br/>[3], стр. 52-61<br/>[5], стр. 45-80</p> |
| 1.1   | Основные понятия вакуумной техники                     | 5                     |         | 1  | -   | -  | -            | - | -   | -  | -  | 4                 | -                                 |   |
| 1.2   | Физические процессы в вакууме                          | 5                     |         | 1  | -   | -  | -            | - | -   | -  | -  | 4                 | -                                 |   |
| 1.3   | Течение газа в вакууме                                 | 13                    |         | 1  | 4   | 4  | -            | - | -   | -  | -  | 4                 | -                                 |   |
| 1.4   | Средства получения вакуума                             | 23                    |         | 1  | 8   | 4  | -            | - | -   | -  | -  | 10                | -                                 |   |
| 1.5   | Методы получения вакуума                               | 16                    |         | 2  | -   | 4  | -            | - | -   | -  | -  | 10                | -                                 |   |
| 2     | Основы проектирования вакуумных систем                 | 46                    |         | 4  | 4   | 10 | -            | - | -   | -  | -  | 28                | -                                 | <p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b><br/>Подготовка к контрольным мероприятиям: КМ-5. Тест. Принципиальные схемы</p>  |

|     |  |        |    |    |    |   |   |   |   |     |       |       |  |
|-----|--|--------|----|----|----|---|---|---|---|-----|-------|-------|--|
| 2.1 | Типовые вакуумные системы                          | 15     | 1  | -  | 6  | - | - | - | - | -   | 8     | -     | <p>высоковакуумных систем; КМ-6. Защита лабораторных работ № 4, 5; КМ-7. Защита РГР</p> <p><b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b><br/>Подготовка к выполнению лабораторных работ</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделам "Типовые вакуумные системы", "Материалы, используемые в высоко- и сверхвысоковакуумной технике", "Разборные и неразборные вакуумные соединения"</p> <p><b><u>Подготовка расчетных заданий:</u></b> Задания ориентированы на получение навыков проектирования и расчета вакуумных систем для различных технологических процессов. Студентам необходимо выполнить подбор вакуумного оборудования (вакуумные насосы, вентили, ловушки и др.) необходимые для откачки заданного объема выбранного газа, выполнить расчет времени откачки. Расчетное задание выполняется по вариантам</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b><br/>[1], стр. 192-214<br/>[2], стр. 281-520<br/>[3], стр. 24-38, 50-52<br/>[4], п. 2</p> |
| 2.2 | Материаловедческие вопросы высоковакуумной техники | 13     | 1  | -  | 4  | - | - | - | - | -   | 8     | -     |  |
| 2.3 | Масс-спектрометрия                                 | 9      | 1  | 2  | -  | - | - | - | - | -   | 6     | -     |  |
| 2.4 | Течеискание  | 9      | 1  | 2  | -  | - | - | - | - | -   | 6     | -     |  |
|     | Экзамен  | 36.00  | -  | -  | -  | - | 2 | - | - | 0.5 | -     | 33.50 |  |
|     | Всего за семестр                                   | 144.00 | 10 | 16 | 22 | - | 2 | - | - | 0.5 | 60    | 33.50 |  |
|     | Итого за семестр                                   | 144.00 | 10 | 16 | 22 | 2 | - | - | - | 0.5 | 93.50 |       |  |

**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. Основы вакуумной техники

##### 1.1. Основные понятия вакуумной техники

Элементы физики вакуума. Понятие вакуума, единицы измерения. Основные понятия, основное уравнение вакуумной техники. История развития вакуумной техники, области ее применения. Место вакуумной технологии в плазменных и термоядерных технологиях..

##### 1.2. Физические процессы в вакууме

Физические процессы в вакууме. Явление переноса. Приближенное математическое описание явлений переноса. Явление теплопроводности, конвекции, диффузии и вязкости..

##### 1.3. Течение газа в вакууме

Режимы течения газа в вакууме: вязкостный, молекулярно-вязкостный, молекулярный. Проводимость каналов, трубопроводов, отверстий, ловушек. Примеры расчетов..

##### 1.4. Средства получения вакуума

Принципы молекулярной откачки. Пароструйная откачка. Процессы на поверхности твердых тел. Сорбция. Криогенная откачка..

##### 1.5. Методы получения вакуума

Классификация вакуумных насосов. Конструкции молекулярных, пароструйных, криогенных насосов, насосов поверхностного действия..

#### 2. Основы проектирования вакуумных систем

##### 2.1. Типовые вакуумные системы

Расчет и проектирование вакуумных систем. Типовые вакуумные системы. Методика выбора средств вакуумной откачки. Графическая проверка правильности выбора вакуумных насосов и определение совместности их работы. Методика проектировочного расчета.

##### 2.2. Материаловедческие вопросы высоковакуумной техники

Материалы, используемые в высоковакуумной технике. Технология изготовления разъемных и неразъемных соединений. Технология подготовки высоко- и сверхвысоковакуумных установок. Конструктивные особенности крионасосов.

##### 2.3. Масс-спектрометрия

Типы масс-спектрометров. Методы спектрометрии. Методы измерения общих (полных), парциальных давлений.

##### 2.4. Течеискание

Течеискатели. Схемы течеискания. Конструкции и принципы работы гелиевого и галогенного течеискателей.

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

1. Методика расчета высоковакуумного криогенного насоса. Пример расчета;
2. Подбор вакуумных насосов, вакуумной арматуры;
3. Разработка принципиальных схем высоковакуумных систем с безмасляной откачкой;

4. Режимы работы криогенных вакуумных насосов;
5. Конструктивные особенности крионасосов;
6. Расчет времени откачки высоковакуумных систем;
7. Расчет проводимости элементов вакуумной системы.

### **3.4. Темы лабораторных работ**

1. Течеискание в вакуумной системе;
2. Масс-спектрометрия остаточного газа в вакуумной камере;
3. Изучение высоковакуумного насоса «СОН-100» и определение его характеристик;
4. Высоковакуумная система на основе насоса «ТМН-100», определение ее характеристик;
5. Изучение высоковакуумного насоса «НОРД-100» и определение его характеристик.

### **3.5 Консультации**

#### *Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)*

1. Обсуждение материалов в рамках тем раздела "Основы вакуумной техники"
2. Обсуждение материалов в рамках тем раздела "Основы проектирования вакуумных систем"

### **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<br>(в соответствии с разделом 1)  | Коды индикаторов | Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1) |   | Оценочное средство (тип и наименование)   |
|---|------------------|---|---|---|
|   |                  | 1   | 2 |   |
| <b>Знать:</b>   |                  |   |   |   |
| устройство и принцип работы основных элементов вакуумной системы (насосов, ловушек, датчиков, натекателей)                | ИД-2ПК-3         | +   |   | Тестирование/Конструкционные особенности высоковакуумных насосов<br>Тестирование/Способы получения высокого вакуума |
| основные понятия вакуумной техники, физические процессы и режимы течения газа в вакууме                                   | ИД-2ПК-3         | +   |   | Тестирование/Основные понятия вакуумной техники. Явления переноса и режимы течения газа                             |
| принципы и методы получения высокого вакуума  | ИД-1ПК-4         | +   |   | Тестирование/Способы получения высокого вакуума   |
| <b>Уметь:</b>   |                  |   |   |   |
| готовить экспериментальные стенды для проведения эксперимента   | ИД-2ПК-3         | +   |   | Лабораторная работа/Защита лабораторных работ № 1, 2, 3   |
| выполнить расчет параметров высоковакуумных систем  | ИД-1ПК-4         |   | + | Тестирование/Принципиальные схемы высоковакуумных систем  |
| разработать принципиальную схему вакуумной системы, подобрать и проверить на согласование конструктивные элементы системы | ИД-1ПК-4         |   | + | Расчетно-графическая работа/Рассчитать время откачки газа из вакуумной камеры                                       |
| выполнять обработку экспериментальных данных  | ИД-1ПК-4         |   | + | Лабораторная работа/Защита лабораторных работ № 4, 5  |

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

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

**7 семестр**

Форма реализации: Билеты (письменный опрос)

1. Конструкционные особенности высоковакуумных насосов (Тестирование)
2. Основные понятия вакуумной техники. Явления переноса и режимы течения газа (Тестирование)
3. Принципиальные схемы высоковакуумных систем (Тестирование)
4. Способы получения высокого вакуума (Тестирование)

Форма реализации: Выступление (доклад)

1. Рассчитать время откачки газа из вакуумной камеры (Расчетно-графическая работа)

Форма реализации: Устная форма

1. Защита лабораторных работ № 1, 2, 3 (Лабораторная работа)
2. Защита лабораторных работ № 4, 5 (Лабораторная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

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

*Экзамен (Семестр №7)*

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и аттестационной составляющих.

В диплом выставляется оценка за 7 семестр.

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

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

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

1. Розанов, Л. Н. Вакуумная техника : учебник для вузов по специальности "Электронное машиностроение" направления "Электроника и микроэлектроника" / Л. Н. Розанов . – 3-е изд., перераб. и доп . – М. : Высшая школа, 2007 . – 391 с. - ISBN 978-5-06-005521-4 .;
2. Вакуумная техника : справочник / К. Е. Демихов, и др. ; Общ. ред. Ю. В. Панфилов . – 3-е изд., перераб. и доп . – М. : Машиностроение, 2009 . – 590 с. - ISBN 978-5-942754-36-5 .;
3. Комов, А. Т. Экспериментальное изучение техники высокого вакуума : учебное пособие по курсу "Вакуумные системы плазменных установок" по направлениям "Ядерная энергетика и теплофизика", "Теплоэнергетика и теплотехника" / А. Т. Комов, С. Д. Федорович, А. В. Захаренков, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" (НИУ"МЭИ") . – М. : Изд-во МЭИ, 2019 . – 76 с. - ISBN 978-5-7046-2086-0 .  
[http://elibr.mpei.ru/action.php?kt\\_path\\_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=10799](http://elibr.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=10799);
4. Вакуумная техника : Справочник / Е. С. Фролов, и др. ; Ред. Е. С. Фролов, В. Е. Минайчев . – 2-е изд., перераб. и доп . – М. : Машиностроение, 1992 . – 480 с. : 250.00 .;

5. Д. Ярвуд- "Техника высокого вакуума", Издательство: "Госэнергоиздат", Москва, Ленинград, 1969 - (183 с.)  
<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=599245>.

### 5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. Windows / Операционная система семейства Linux;
4. Майнд Видеоконференции;
5. Acrobat Reader.

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

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
3. База данных ВИНТИ online - <http://www.viniti.ru/>
4. База данных журналов издательства Elsevier - <https://www.sciencedirect.com/>
5. Электронные ресурсы издательства Springer - <https://link.springer.com/>
6. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
7. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
8. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
9. 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 лекционных занятий и текущего контроля | А-110, Вычислительная лаборатория                         | стол преподавателя, стол компьютерный, стул, доска интерактивная, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, указка лазерная, многофункциональный центр, сервер, компьютер персональный, принтер, наборы демонстрационного оборудования |
| Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП          | А-110, Вычислительная лаборатория                         | стол преподавателя, стол компьютерный, стул, доска интерактивная, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, указка лазерная, многофункциональный центр, сервер, компьютер персональный, принтер, наборы демонстрационного оборудования |
| Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий                   | Н-207, Учебно-научная лаборатория для анализа поверхности | рабочее место сотрудника, стол, стул, доска интерактивная, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, указка лазерная, оборудование учебное, компьютер персональный, принтер, инвентарь специализированный                              |
| Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации               | А-110, Вычислительная лаборатория                         | стол преподавателя, стол компьютерный, стул, доска интерактивная, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, указка лазерная, многофункциональный центр,  |

|  |  |   |
|--|--|---|
|  |  | сервер, компьютер персональный, принтер, наборы демонстрационного оборудования  |
| Помещения для самостоятельной работы                     | А-110, Вычислительная лаборатория          | стол преподавателя, стол компьютерный, стул, доска интерактивная, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, указка лазерная, многофункциональный центр, сервер, компьютер персональный, принтер, наборы демонстрационного оборудования |
| Помещения для консультирования                           | А-208, Преподавательская                   | кресло рабочее, рабочее место сотрудника, стол, шкаф для документов, компьютерная сеть с выходом в Интернет, колонки, компьютер персональный, принтер   |
| Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря | А-025, Кладовка лабораторного оборудования | стеллаж, оборудование специализированное  |

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

### Вакуумные системы плазменных установок

(название дисциплины)

#### 7 семестр

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

- КМ-1 Основные понятия вакуумной техники. Явления переноса и режимы течения газа (Тестирование)
- КМ-2 Защита лабораторных работ № 1, 2, 3 (Лабораторная работа)
- КМ-3 Конструкционные особенности высоковакуумных насосов (Тестирование)
- КМ-4 Способы получения высокого вакуума (Тестирование)
- КМ-5 Принципиальные схемы высоковакуумных систем (Тестирование)
- КМ-6 Защита лабораторных работ № 4, 5 (Лабораторная работа)
- КМ-7 Рассчитать время откачки газа из вакуумной камеры (Расчетно-графическая работа)

**Вид промежуточной аттестации – Экзамен.**

| 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   | 15   |
| 1             | Основы вакуумной техники                           |            |      |      |      |      |      |      |      |
| 1.1           | Основные понятия вакуумной техники                 |            | +    |      |      |      |      |      |      |
| 1.2           | Физические процессы в вакууме                      |            | +    |      |      |      |      |      |      |
| 1.3           | Течение газа в вакууме                             |            | +    |      |      |      |      |      |      |
| 1.4           | Средства получения вакуума                         |            |      |      | +    | +    |      |      |      |
| 1.5           | Методы получения вакуума                           |            |      | +    |      | +    |      |      |      |
| 2             | Основы проектирования вакуумных систем             |            |      |      |      |      |      |      |      |
| 2.1           | Типовые вакуумные системы                          |            |      |      |      |      | +    |      | +    |
| 2.2           | Материаловедческие вопросы высоковакуумной техники |            |      |      |      |      | +    |      |      |
| 2.3           | Масс-спектрометрия                                 |            |      |      |      |      |      | +    |      |
| 2.4           | Течеискание  |            |      |      |      |      |      | +    |      |
| Вес КМ, %:    |  |            | 10   | 15   | 10   | 10   | 10   | 15   | 30   |