

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

**Направление подготовки/специальность: 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника**

**Наименование образовательной программы: Электротехнологические процессы и установки с системами питания и управления**

**Уровень образования: высшее образование - магистратура**

**Форма обучения: Очная**

**Оценочные материалы  
по дисциплине  
Вакуумная техника в электротехнологических установках**

**Москва  
2021**

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Кулешов А.О.
Идентификатор	Rc98b17a6-KuleshovAO-26442bbf	

(подпись)

А.О.

Кулешов

(расшифровка  
подписи)

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной  
программы

(должность, ученая степень, ученое  
звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Федин М.А.
Идентификатор	R3e9797a9-FedinMA-34f385d8	

(подпись)

М.А. Федин

(расшифровка  
подписи)

Заведующий  
выпускающей кафедры

(должность, ученая степень, ученое  
звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Цырук С.А.
Идентификатор	Raf2c04da-TsyrukSA-47ef358f	

(подпись)

С.А. Цырук

(расшифровка  
подписи)

## ОБЩАЯ ЧАСТЬ

Оценочные материалы по дисциплине предназначены для оценки: достижения обучающимися запланированных результатов обучения по дисциплине, этапа формирования запланированных компетенций и уровня освоения дисциплины.

Оценочные материалы по дисциплине включают оценочные средства для проведения мероприятий текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

Формируемые у обучающегося компетенции:

1. ПК-1 Способен проводить научные исследования в области электротехнологических процессов и установок с системами питания и управления

ИД-1 Демонстрирует понимание физических процессов и закономерностей в электротехнологических установках и системах различных видов

2. ПК-2 Способен оптимально выбирать наиболее эффективные из известных и проектировать новые технические решения в области электротехнологических установок и систем

ИД-1 Демонстрирует умение выбирать критерии принятия проектных решений

ИД-2 Демонстрирует умение проводить оптимальный выбор проектных решений

ИД-3 Демонстрирует владение методами расчёта, проектирования и конструирования электротехнологических установок и систем и их элементов

ИД-4 Демонстрирует умение проводить технико-экономическое обоснование проектных решений

и включает:

**для текущего контроля успеваемости:**

Форма реализации: Компьютерное задание

1. Тест №1 «Введение в вакуумную технику» (Тестирование)

2. Тест №2 «Основные элементы конструкций вакуумных электропечей» (Тестирование)

3. Тест №3 «Термовакuumные процессы» (Тестирование)

4. Тест №4 «Газовыделение из конструкционных материалов и методы определения газовых потоков» (Тестирование)

5. Тест №5 «Методы расчета вакуумных печей» (Тестирование)

## БРС дисциплины

1 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %					
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5
	Срок КМ:	4	8	12	14	16
Области применения и основы вакуумной техники						
Области применения и основы вакуумной техники		+		+	+	+
Получение вакуума и способы его контроля						

Получение вакуума и способы его контроля	+		+	+	+
Элементы конструкций вакуумных систем					
Элементы конструкций вакуумных систем	+	+	+		
Расчёт и проектирование вакуумных систем ЭТУ					
Расчёт и проектирование вакуумных систем ЭТУ		+		+	+
Вес КМ:	20	20	20	20	20

\$Общая часть/Для промежуточной аттестации\$

## СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

### *I. Оценочные средства для оценки запланированных результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций*

Индекс компетенции	Индикатор	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Контрольная точка
ПК-1	ИД-1 <sub>ПК-1</sub> Демонстрирует понимание физических процессов и закономерностей в электро-технологических установках и системах различных видов	Знать: физические основы получения технического вакуума и свойств газов при давлениях ниже атмосферного Уметь: определять состав и технические характеристики вакуумного оборудования, необходимого для проведения тех или иных электротехнологических процессов	Тест №1 «Введение в вакуумную технику» (Тестирование) Тест №2 «Основные элементы конструкций вакуумных электрод печей» (Тестирование)
ПК-2	ИД-1 <sub>ПК-2</sub> Демонстрирует умение выбирать критерии принятия проектных решений	Знать: современные стандарты вакуумной техники, технические условия эксплуатации оборудования и конструкционные материалы Уметь: выбирать критерии	Тест №1 «Введение в вакуумную технику» (Тестирование) Тест №3 «Термовакuumные процессы» (Тестирование)

		принятия проектных решений при проектировании вакуумного оборудования	
ПК-2	ИД-2 <sub>ПК-2</sub> Демонстрирует умение проводить оптимальный выбор проектных решений	Знать: характеристики сред и свойства материалов, используемых в вакуумной технике Уметь: обоснованно выбирать элементы вакуумных уплотнений и методы обработки и подготовки поверхностей деталей вакуумных систем	Тест №3 «Термовакuumные процессы» (Тестирование) Тест №4 «Газовыделение из конструкционных материалов и методы определения газовых потоков» (Тестирование)
ПК-2	ИД-3 <sub>ПК-2</sub> Демонстрирует владение методами расчёта, проектирования и конструирования электротехнологических установок и систем и их элементов	Знать: методы расчета проектирования и конструирования вакуумных систем электротехнологического оборудования Уметь: применять методы расчета параметров и характеристик при проектировании устройств вакуумных систем электротехнологического оборудования	Тест №4 «Газовыделение из конструкционных материалов и методы определения газовых потоков» (Тестирование) Тест №5 «Методы расчета вакуумных печей» (Тестирование)
ПК-2	ИД-4 <sub>ПК-2</sub> Демонстрирует умение проводить	Знать: принцип действия	Тест №2 «Основные элементы конструкций вакуумных электропечей» (Тестирование)

	технико-экономическое обоснование проектных решений	технических средств для создания, поддержания и измерения вакуума в рабочем объеме вакуумного электротехнологического оборудования Уметь: проводить технико-экономическое обоснование проектных решений при проектировании вакуумного электротехнологического оборудования	Тест №5 «Методы расчета вакуумных печей» (Тестирование)
--	---	--	---

## II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

### КМ-1. Тест №1 «Введение в вакуумную технику»

**Формы реализации:** Компьютерное задание

**Тип контрольного мероприятия:** Тестирование

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Тестирование в системе СДО Прометей

#### Краткое содержание задания:

Выбрать один или несколько правильных ответов

#### Контрольные вопросы/задания:

Знать: физические основы получения технического вакуума и свойств газов при давлениях ниже атмосферного	1. Основное уравнение вакуумной техники. 2. Что относится к параметрам вакуумных насосов? 3. В чем состоит принцип работы газобалластного насоса?
Уметь: выбирать критерии принятия проектных решений при проектировании вакуумного оборудования	1. Какие существуют методы определения быстроты откачки? 2. Какие средства применяются для измерения степени вакуума? 3. Укажите основной недостаток пластинчато-роторного насоса?

#### Описание шкалы оценивания:

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

### КМ-2. Тест №2 «Основные элементы конструкций вакуумных электродов»

**Формы реализации:** Компьютерное задание

**Тип контрольного мероприятия:** Тестирование

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Тестирование в системе СДО Прометей

#### Краткое содержание задания:

Выбрать один или несколько правильных ответов



**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: принцип действия технических средств для создания, поддержания и измерения вакуума в рабочем объеме вакуумного электротехнологического оборудования	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.Какие нагреватели устанавливаются в низкотемпературных вакуумных печах сопротивления?</li> <li>2.Какие нагреватели устанавливаются в среднетемпературных вакуумных печах сопротивления?</li> <li>3.Какие нагреватели устанавливаются в высокотемпературных вакуумных печах сопротивления?</li> </ol>
Уметь: определять состав и технические характеристики вакуумного оборудования, необходимого для проведения тех или иных электротехнологических процессов	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.Как рассчитывается срок службы нагревателей?</li> <li>2.Какой материал необходимо применить в качестве теплоизоляционных экранов для температуры 2000 С?</li> <li>3.Каков механизм теплопередачи между экранами теплоизоляции?</li> </ol>

**Описание шкалы оценивания:***Оценка: зачтено**Описание характеристики выполнения знания:**Оценка: не зачтено**Описание характеристики выполнения знания:***КМ-3. Тест №3 «Термовакuumные процессы»****Формы реализации:** Компьютерное задание**Тип контрольного мероприятия:** Тестирование**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Тестирование в системе СДО Прометей**Краткое содержание задания:**

Выбрать один или несколько правильных ответов

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: современные стандарты вакуумной техники, технические условия эксплуатации оборудования и конструкционные материалы	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.Какие виды термообработки металлов можно осуществлять в вакууме?</li> <li>2.Перечислите основные преимущества термовакuumных процессов?</li> <li>3.Что из ниже перечисленного относится к химико-термической обработке?</li> </ol>
Уметь: обоснованно выбирать элементы вакуумных уплотнений и методы обработки и подготовки поверхностей деталей вакуумных систем	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.Выберите правильную расшифровку печи СНВ-5.10.5/13И1</li> <li>2.Определите максимальную рабочую температуру печи СНВ-5.10.5/13И1?</li> <li>3.Перечислите основные факторы влияющие на качество получения металла в вакуумных дуговых печах.</li> </ol>

**Описание шкалы оценивания:**

Оценка: 5

Описание характеристики выполнения знания:

Оценка: 4

Описание характеристики выполнения знания:

Оценка: 3

Описание характеристики выполнения знания:

**КМ-4. Тест №4 «Газовыделение из конструкционных материалов и методы определения газовых потоков»**

**Формы реализации:** Компьютерное задание

**Тип контрольного мероприятия:** Тестирование

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Тестирование в системе СДО Прометей

**Краткое содержание задания:**

Выбрать один или несколько правильных ответов

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: характеристики сред и свойства материалов, используемых в вакуумной технике	1. При каких температурах происходит максимальное газовыделение с элементов вакуумной системы? 2. Какая технология больше всего подходит для уменьшения газов в металле? 3. Перечислите методы измерения потоков газа.
Уметь: применять методы расчета параметров и характеристик при проектировании устройств вакуумных систем электротехнологического оборудования	1. В чем заключается метод постоянного давления? 2. За счет какого процесса происходит газовыделение с непрогрываемых поверхностей? 3. Как определить скорость десорбции газов?

**Описание шкалы оценивания:**

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто, выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

**КМ-5. Тест №5 «Методы расчета вакуумных печей»**

**Формы реализации:** Компьютерное задание

**Тип контрольного мероприятия:** Тестирование

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Тестирование в системе СДО Прометей

**Краткое содержание задания:**

Выбрать один или несколько правильных ответов

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: методы расчета проектирования и конструирования вакуумных систем электротехнологического оборудования	1.Перечислите в какой последовательности производится расчет вакуумной системы? 2.На каком этапе производят выбор типа вакуумной системы? 3.На какой формуле рассчитывается быстродействие насоса?
Уметь: проводить технико-экономическое обоснование проектных решений при проектировании вакуумного электротехнологического оборудования	1.Основным параметром, определяющим вакуумную систему, является..... 2.Какой тип кристаллизатора применяется в вакуумной дуговой печи? 3.Через какой элемент вакуумной системы в шахтных печах сопротивления осуществляют загрузку и выгрузку?

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено*

# СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

## 1 семестр

**Форма промежуточной аттестации:** Зачет с оценкой

### Пример билета

1. Применение вакуумной техники в электротехнологиях.
2. Типы вакуумных систем: на объемных средствах откачки, на базе молекулярных насосов, с применением комбинированной откачки, для удаления агрессивных газов.

### Процедура проведения

Зачет проводится в устной форме по билетам, время на подготовку устного ответа 60 минут

### *1. Перечень компетенций/индикаторов и контрольных вопросов проверки результатов освоения дисциплины*

**1. Компетенция/Индикатор:** ИД-1ПК-1 Демонстрирует понимание физических процессов и закономерностей в электро-технологических установках и системах различных видов

### Вопросы, задания

1. Тепловое движение молекул газа, закон Максвелла. Распределение молекул газа по скоростям.
- 2.
1. Средние скорости молекул газа. Основное уравнение молекулярно-кинетической теории газов.
3. Распределение молекул газа, отраженных или вылетающих с поверхности. Закон косинуса. Физическое толкование закона косинуса.

### Материалы для проверки остаточных знаний

1. Какие металлы используют для получения пленок в испарительных насосах?

Ответы:

Титан  
Нержавеющая сталь  
Медь  
Цинк  
Олово

Верный ответ: Нержавеющая сталь

2. Назовите достоинства диффузионной сварки.

Ответы:

отсутствие сварочных материалов  
отсутствие термонапряжений  
отсутствие изменений структуры металла в зоне сварки  
возможность применить флюс

Верный ответ: отсутствие сварочных материалов

3. Какие конструкционные материалы используют при изготовлении вакуумных установок?

Ответы:

Металл  
Резина  
Керамика

Стекло  
Силикон

Верный ответ: Металл Резина Керамика Стекло

**2. Компетенция/Индикатор:** ИД-1ПК-2 Демонстрирует умение выбирать критерии принятия проектных решений

**Вопросы, задания**

- 1.Динамическое состояние газов. Основные понятия, описывающие перенос газа. Критерий Кнудсена. Явления переноса и их связь с числом Кнудсена.
- 2.Вязкость. Диффузия. Закон Фика. Масса газа, "падающая" на единичную площадку.

**Материалы для проверки остаточных знаний**

- 1.Зависит ли быстрота действия ионно-сорбционных насосов от рода откачиваемого газа?

Ответы:

- зависит
- не зависит
- частично зависит
- нет верного ответа

Верный ответ: зависит

- 2.При откачке, каких газов существенную роль играет "замуровывание атомов"?

Ответы:

- инертных
- активных
- зависит от состава газовой смеси
- нейтральных

Верный ответ: инертных

- 3.В чем недостатки резистивных и электронно-лучевых испарителей геттера?

Ответы:

- наличие накаливаемых частей электродной системы
- неравномерность нагрева электродной системы
- ухудшение регулируемости скорости испарения
- образование конденсата

Верный ответ: наличие накаливаемых частей электродной системы

**3. Компетенция/Индикатор:** ИД-2ПК-2 Демонстрирует умение проводить оптимальный выбор проектных решений

**Вопросы, задания**

- 1.Уравнения для расчета основным параметров начальной (нестационарной) откачки.
- 2.Вакуумные насосы. Основные функциональные характеристики. Диапазоны рабочих давлений.

**Материалы для проверки остаточных знаний**

- 1.Диапазон среднего вакуума

Ответы:

- 1 .от 760 до 1,0 мм рт.ст
2. от 1,0 до 10<sup>-3</sup> мм рт.ст
3. от 10<sup>-3</sup> до 10<sup>-7</sup> мм рт.ст
4. от 10<sup>-8</sup> мм рт.ст. и ниже

Верный ответ: 2

2. Диапазон высокого вакуума

Ответы:

1. от 760 до 1,0 мм рт.ст
2. от 1,0 до 10-3 мм рт.ст
3. от 10-3 до 10-7 мм рт.ст
4. от 10-8 мм рт.ст. и ниже

Верный ответ: 3

3. Диапазон сверхвысокого вакуума

Верный ответ: 4

**4. Компетенция/Индикатор:** ИД-3<sub>ПК-2</sub> Демонстрирует владение методами расчёта, проектирования и конструирования электротехнологических установок и систем и их элементов

#### Вопросы, задания

1. Механические вытеснительные насосы. Двухроторные насосы. Конструкции, основные характеристики. Рабочие жидкости, применяемые в ротационных насосах.

2. Вакуумная метрология. Диапазоны измеряемых давлений вакуумметров. Манометры и преобразователи. Чувствительный элемент.

#### Материалы для проверки остаточных знаний

1. В процессе объемной откачки выполняются следующие основные операции (перечислите их последовательность):

Ответы:

- 1) всасывание газа за счет расширения рабочей камеры насоса;
- 2) удаление сжатого газа из рабочей камеры в атмосферу или насос предварительного разрежения.
- 3) уменьшение объема рабочей камеры и сжатие находящегося в ней газа;

Верный ответ: 1 3 2

2. Для чего применяют газовый балласт в механических насосах?

Ответы:

незначительно понизить допустимое базовое давление вакуумного насоса  
избежать конденсата  
незначительно повысить допустимое базовое давление вакуумного насоса

Верный ответ: незначительно повысить допустимое базовое давление вакуумного насоса

3. Диапазон низкого вакуума

Ответы:

1. от 760 до 1,0 мм рт.ст
2. от 1,0 до 10-3 мм рт.ст
3. от 10-3 до 10-7 мм рт.ст
4. от 10-8 мм рт.ст. и ниже

Верный ответ: 1

**5. Компетенция/Индикатор:** ИД-4<sub>ПК-2</sub> Демонстрирует умение проводить технико-экономическое обоснование проектных решений

#### Вопросы, задания

1. Зависимость коэффициента от времени адсорбции. Адсорбционное равновесие. Скорость адсорбции.

2. Смешанный режим течения газов. Границы режимов течения газов. Формула Кнудсена для промежуточного режима течения газ.
3. Тепловые преобразователи. Уравнение теплового баланса. Схема устройства, градуировочные зависимости.

### **Материалы для проверки остаточных знаний**

1. Для чего в сосудах Дьюара делают двойные стенки?

Ответы:

Облегчения конструкции  
создания эффекта “термоса”  
безопасности транспортировки сосуда

Верный ответ: создания эффекта “термоса”

2. Влияет ли изгиб трубопровода на его проводимость?

Ответы:

да  
нет  
зависит от радиуса изгиба  
все зависит от длинным трубопровода

Верный ответ: нет

3. Что называют предельным давлением насоса?

Ответы:

максимальный достигаемый вакуум в замкнутом объеме  
оптимальный достигаемый вакуум в замкнутом объеме  
критический достигаемый вакуум в замкнутом объеме

Верный ответ: максимальный достигаемый вакуум в замкнутом объеме

## **II. Описание шкалы оценивания**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа выполнена в рамках “продвинутого” уровня. Ответы даны верно, четко сформулированные особенности практических решений

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа выполнена в рамках “базового” уровня. Большинство ответов даны верно. В части материала есть незначительные недостатки

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа выполнена в рамках “порогового” уровня. Основная часть задания выполнена верно. на вопросы углубленного уровня

## **III. Правила выставления итоговой оценки по курсу**