

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

Рабочая программа дисциплины
ВАКУУМНАЯ ТЕХНИКА В ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ
УСТАНОВКАХ

Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.Ч.02
Трудоемкость в зачетных единицах:	1 семестр - 3;
Часов (всего) по учебному плану:	108 часов
Лекции	1 семестр - 32 часа;
Практические занятия	1 семестр - 16 часов;
Лабораторные работы	не предусмотрено учебным планом
Консультации	проводится в рамках часов аудиторных занятий
Самостоятельная работа	1 семестр - 59,7 часа;
в том числе на КП/КР	не предусмотрено учебным планом
Иная контактная работа	проводится в рамках часов аудиторных занятий
включая: Тестирование	
Промежуточная аттестация:	
Зачет с оценкой	1 семестр - 0,3 часа;

Москва 2024

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

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

А.О. Кулешов

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной программы

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

М.А. Федин

Заведующий выпускающей
кафедрой

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

С.А. Цырук

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: состоит в изучении физических основ получения технического вакуума, конструкций и методик проектирования систем вакуумной откачки, выбора необходимых средств контроля и управления, а также принципов рациональной эксплуатации вакуумной техники в составе электротехнологических установок (ЭТУ) для последующего использования в профессиональной деятельности.

Задачи дисциплины

- приобретение знаний в области физических основ получения технического вакуума и свойств газов при давлениях ниже атмосферного;
- приобретение знаний в области современных стандартов вакуумной техники, технических условий эксплуатации оборудования и конструкционных материалах;
- приобретение знаний в области современных технических средств для получения вакуума и измерения остаточных давлений;
- приобретение навыков проектирования систем вакуумной откачки в электротехнологии;
- освоение принципов эксплуатации вакуумного оборудования с учетом требований современных стандартов и технических требований в различных отраслях науки и промышленности.

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
--------------------------------	--	-------------------------------------

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Электротехнологические процессы и установки с системами питания и управления (далее – ОПОП), направления подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника, уровень образования: высшее образование - магистратура.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать Дисциплина базируется на следующих дисциплинах: «Электротехнология», «Электротермические установки резистивного нагрева» и «Установки индукционного и диэлектрического нагрева» в объеме программы бакалавриата.

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 3 зачетных единицы, 108 часов.

№ 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	Области применения и основы вакуумной техники	14	1	4	-	2	-	-	-	-	-	8	-	<u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 36-85 [2], 5-96 [5], 25-76
1.1	Области применения и основы вакуумной техники	14		4	-	2	-	-	-	-	-	8	-	
2	Получение вакуума и способы его контроля	24		10	-	4	-	-	-	-	-	10	-	<u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 73-93 [5], 25-39
2.1	Получение вакуума и способы его контроля	24		10	-	4	-	-	-	-	-	10	-	
3	Элементы конструкций вакуумных систем	22		8	-	4	-	-	-	-	-	10	-	<u>Изучение материалов литературных источников:</u> [3], 12-56, 76-93 [4], 2-73
3.1	Элементы конструкций вакуумных систем	22		8	-	4	-	-	-	-	-	10	-	
4	Расчёт и проектирование вакуумных систем ЭТУ	30		10	-	6	-	-	-	-	-	14	-	<u>Изучение материалов литературных источников:</u> [3], 124-159
4.1	Расчёт и проектирование вакуумных систем ЭТУ	30		10	-	6	-	-	-	-	-	14	-	
	Зачет с оценкой	18.0		-	-	-	-	-	-	-	0.3	-	17.7	
	Всего за семестр	108.0		32	-	16	-	-	-	-	0.3	42	17.7	
	Итого за семестр	108.0		32	-	16	-		-		0.3	59.7		

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. Области применения и основы вакуумной техники

1.1. Области применения и основы вакуумной техники

Роль вакуума в термических процессах. Термовакuumные процессы для чёрных, цветных, тугоплавких и редких металлов. Вакуумная плавка металлов. Требования к вакуумным печам для нагрева и плавки металлов. Области применения и классификация вакуумных ЭТУ. Технологические и технико-экономические преимущества нагрева в вакууме по сравнению с другими видами нагрева. Обзор отечественного и мирового рынка вакуумных ЭТУ различных типов. Перспективы их дальнейшего развития и применения. Понятие о вакууме и давлении. Газовые законы. Единицы измерения давления. Средняя длина свободного пробега молекул газа. Режимы течения разреженного газа. Понятие о степенях вакуума. Критерий Кнудсена. Вязкость газов. Процессы переноса в газах. Перенос теплоты и диффузия в газах. Течение газов через отверстие и по трубопроводам. Длительность откачки сосудов. Процессы сорбции, десорбции, абсорбции и адсорбции. Газовыделения в вакууме. Газовыделения из жидкого металла и конструкционных материалов. Газовыделения с поверхностей - прогреваемых и непрогреваемых..

2. Получение вакуума и способы его контроля

2.1. Получение вакуума и способы его контроля

Способы получения вакуума. Основные характеристики вакуумных насосов. Типы вакуумных насосов- объёмного действия (поршневые, спиральные, вращательные), молекулярные, пароструйные. Рабочие жидкости вакуумных насосов. Сорбционные насосы. Характеристики вакуумных насосов разных типов. Герметичность вакуумных систем ЭТУ, понятие течи. Поиск течей в вакуумных системах. Течеискатели. Проверка герметичности вакуумной системы. Измерение давлений общих и парциальных. Классификация методов и средств для измерения общих давлений. Вакуумметры тепловые, принцип действия, конструкция. Вакуумметры электронные ионизационные. Методы измерения парциальных давлений. Газоанализаторы..

3. Элементы конструкций вакуумных систем

3.1. Элементы конструкций вакуумных систем

Типовые вакуумные системы ЭТУ. Вакуумная арматура – вакуумные затворы и вентили, ловушки, фильтры, сильфоны. Вакуумные трубопроводы и уплотнения, вакуумные уплотнения разных типов –разборные и неразборные. Монтаж вакуумных систем. Роль вакуума в термических процессах. Термовакuumные процессы для чёрных, цветных, тугоплавких и редких металлов. Вакуумная плавка металлов. Требования к вакуумным ЭТУ для нагрева и плавки металлов.

4. Расчёт и проектирование вакуумных систем ЭТУ

4.1. Расчёт и проектирование вакуумных систем ЭТУ

Материалы для изготовления вакуумных печей. Вакуумные печи сопротивления и индукционные. Вакуумные печи: дуговые и электронно-лучевые. Откачные системы вакуумных печей. Конструкции вакуумных камер, нагревательных элементов, футеровок печей. Выбор вакуумных насосов. Определение присоединительных размеров трубопроводов и арматуры. Расчёт времени неустановившегося режима работы вакуумной системы ЭТУ. Расчёт вакуумных систем печей сопротивления и индукционных печей. Расчёт вакуумных систем дуговых, электронно-лучевых и плазменных печей..

3.3. Темы практических занятий

1. Методика выбора вакуумного насоса и построение зависимости быстроты действия от давления;
2. Расчет и проектирование вакуумной системы для проведения высокотемпературных процессов;
3. Расчет одноконтурных вакуумных систем в стационарном режиме работы;
4. Методы поиска течей в вакуумных системах;
5. Графические и расчетные методы определения характеристик вакуумных насосов;
6. Переходные процессы в вакуумной технике и построение кривых откачки.

3.4. Темы лабораторных работ не предусмотрено

3.5 Консультации

3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ Курсовой проект/ работа не предусмотрены

3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1)	Коды индикаторов	Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1)				Оценочное средство (тип и наименование)
		1	2	3	4	

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

4.1. Текущий контроль успеваемости

1 семестр

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)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Зачет с оценкой (Семестр №1)

В диплом выставляется оценка за 1 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 "Полупроводниковое и электровакуумное машиностроение" / Л. Н. Розанов . – М. : Высшая школа, 1982 . – 207 с.;
2. Шешин, Е. П. Вакуумные технологии : учебное пособие / Е. П. Шешин . – Долгопрудный : Интеллект, 2009 . – 504 с. – (Физтеховский учебник) . - ISBN 978-5-915590-12-9 .;
3. Нестеров, С. Б. Методы расчета вакуумных систем / С. Б. Нестеров, Ю. К. Васильев, А. В. Андросов . – М. : Изд-во МЭИ, 2004 . – 220 с. - ISBN 5-7046-1012-9 .;
4. Валыгина, К. В. Сборник лабораторных работ по курсу "Основы вакуумной техники" / К. В. Валыгина, А. А. Переслени, В. П. Титушина ; Ред. Г. И. Обидин ; Моск. энерг. ин-т (МЭИ) . – М. : Изд-во МЭИ, 1976 . – 76 с.;
5. К. Б. Панфилович, П. И. Бударин, А. Х. Садыков- "Физические основы вакуумной техники", Издательство: "Казанский научно-исследовательский технологический университет (КНИТУ)", Казань, 2008 - (136 с.)
<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=259035>.

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. Windows / Операционная система семейства Linux;
4. Видеоконференции (Майнд, Сберджаз, ВК и др).

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

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" - http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red
3. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
4. База данных ВИНТИ online - <http://www.viniti.ru/>
5. База данных журналов издательства Elsevier - <https://www.sciencedirect.com/>
6. Электронные ресурсы издательства Springer - <https://link.springer.com/>
7. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
8. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
9. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
10. ЭБС "Консультант студента" - <http://www.studentlibrary.ru/>
11. Журналы American Chemical Society - <https://www.acs.org/content/acs/en.html>
12. Журналы American Institute of Physics - <https://www.scitation.org/>
13. Журналы American Physical Society - <https://journals.aps.org/about>
14. База данных издательства Annual Reviews Science Collection - <https://www.annualreviews.org/>
15. База данных Association for Computing Machinery Digital Library - <https://dl.acm.org/about/content>
16. Журналы издательства Cambridge University Press - <https://www.cambridge.org/core>
17. База данных IEL издательства IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.) - <https://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp?reload=true>
18. База данных Computers & Applied Sciences Complete (CASC) - <http://search.ebscohost.com>
19. База данных INSPEC на платформе компании EBSCO Publishing - <http://search.ebscohost.com>
20. Журналы Institute of Physics (IOP), Великобритания - <https://iopscience.iop.org/>
21. Журналы научного общества Optical Society of America (OSA) - <https://www.osapublishing.org/about.cfm>
22. Патентная база Orbit Intelligence компании Questel - <https://www.orbit.com/>
23. Журналы издательства Oxford University Press - <https://academic.oup.com/journals/>
24. База данных диссертаций ProQuest Dissertations and Theses Global - <https://search.proquest.com/pqdtglobal/index>
25. Журналы Журналы Royal Society of Chemistry - <https://pubs.rsc.org/>
26. Журналы издательства SAGE Publication (Sage) - <https://journals.sagepub.com/>
27. Журнал Science - <https://www.sciencemag.org/>
28. Журналы научного общества Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers (SPIE) Digital Library - <https://www.spiedigitallibrary.org/>
29. Коллекция журналов Taylor & Francis Group - <https://www.tandfonline.com/>
30. Журналы по химии Thieme Chemistry Package компании Georg Thieme Verlag KG - <https://www.thieme-connect.com/products/all/home.html>
31. Журналы издательства Wiley - <https://onlinelibrary.wiley.com/>
32. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>
33. Портал открытых данных Российской Федерации - <https://data.gov.ru>
34. База открытых данных Министерства труда и социальной защиты РФ - <https://rosmintrud.ru/opendata>
35. База открытых данных профессиональных стандартов Министерства труда и социальной защиты РФ - <http://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov/>
36. База открытых данных Министерства экономического развития РФ - <http://www.economy.gov.ru>

37. База открытых данных Росфинмониторинга - <http://www.fedsfm.ru/opendata>
38. Электронная открытая база данных "Polpred.com Обзор СМИ" - <https://www.polpred.com>
39. Информационно-справочная система «Кодекс/Техэксперт» - <Http://proinfosoft.ru;>
<http://docs.cntd.ru/>
40. Национальный портал онлайн обучения «Открытое образование» - <https://openedu.ru>
41. Официальный сайт Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии - <http://protect.gost.ru/>
42. Открытая университетская информационная система «РОССИЯ» - <https://uisrussia.msu.ru>
43. Официальный сайт Министерства науки и высшего образования Российской Федерации - <https://minobrnauki.gov.ru>
44. Официальный сайт Федеральной службы по надзору в сфере образования и науки - <https://obrnadzor>
45. Федеральный портал "Российское образование" - <http://www.edu.ru>

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	А-206, Учебная аудитория каф. "ЭППЭ"	кресло рабочее, стол преподавателя, стол учебный, стул, мультимедийный проектор, экран, доска магнитная, оборудование учебное, компьютер персональный
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	А-206, Учебная аудитория каф. "ЭППЭ"	кресло рабочее, стол преподавателя, стол учебный, стул, мультимедийный проектор, экран, доска магнитная, оборудование учебное, компьютер персональный
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	А-206, Учебная аудитория каф. "ЭППЭ"	кресло рабочее, стол преподавателя, стол учебный, стул, мультимедийный проектор, экран, доска магнитная, оборудование учебное, компьютер персональный
Помещения для самостоятельной работы	НТБ-201, Компьютерный читальный зал	стол компьютерный, стул, стол письменный, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, кондиционер
Помещения для консультирования	А-04, Лаборатория каф. "ЭППЭ"	стол преподавателя, оборудование для экспериментов
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	А-217, Кабинет сотрудников каф. "ЭППЭ"	кресло рабочее, стеллаж, стул, шкаф для документов, шкаф для одежды, стол письменный, тумба, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Вакуумная техника в электротехнологических установках

(название дисциплины)

1 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

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

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

КМ-3 Тест №3 «Термовакuumные процессы» (Тестирование)

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

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

Вид промежуточной аттестации – Зачет с оценкой.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5
		Неделя КМ:	4	8	12	14	16
1	Области применения и основы вакуумной техники						
1.1	Области применения и основы вакуумной техники		+		+	+	+
2	Получение вакуума и способы его контроля						
2.1	Получение вакуума и способы его контроля		+		+	+	+
3	Элементы конструкций вакуумных систем						
3.1	Элементы конструкций вакуумных систем		+	+	+		
4	Расчёт и проектирование вакуумных систем ЭТУ						
4.1	Расчёт и проектирование вакуумных систем ЭТУ			+		+	+
Вес КМ, %:			20	20	20	20	20