

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

Направление подготовки/специальность: 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Наименование образовательной программы: Технология воды и топлива в энергетике

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины
ОПТИМИЗАЦИЯ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.Ч.12.02.02
Трудоемкость в зачетных единицах:	2 семестр - 4;
Часов (всего) по учебному плану:	144 часа
Лекции	2 семестр - 16 часов;
Практические занятия	2 семестр - 32 часа;
Лабораторные работы	не предусмотрено учебным планом
Консультации	2 семестр - 2 часа;
Самостоятельная работа	2 семестр - 93,5 часа;
в том числе на КП/КР	не предусмотрено учебным планом
Иная контактная работа	проводится в рамках часов аудиторных занятий
включая:	
Контрольная работа	
Промежуточная аттестация:	
Экзамен	2 семестр - 0,5 часа;

Москва 2025

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Очков В.Ф.
	Идентификатор	Rd91184b2-OchkovVF-1531e2ff

В.Ф. Очков

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Шацких Ю.В.
	Идентификатор	R6ca75b8e-ShatskikhYV-f045f12f

Ю.В. Шацких

Заведующий выпускающей
кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Шацких Ю.В.
	Идентификатор	R6ca75b8e-ShatskikhYV-f045f12f

Ю.В. Шацких

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: Изучение основ оптимизации в области химико-технологических процессов и технологий в энергетике..

Задачи дисциплины

- приобретение навыков решения оптимизационных задач в области химико-технологических процессов и технологий в энергетике;
- изучение инструментов программных средств при решении оптимизационных задач;
- приобретение навыков использования инструментов символьной математики при решении оптимизационных задач.

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-2 Способность участвовать в проектировании водоподготовительных и водоочистительных установок и систем с использованием серийного оборудования	ИД-3ПК-2 Проводит расчеты по типовым методикам и расчетным программам, а также проектировать отдельные элементы водоподготовительных установок с использованием средств автоматизированного проектирования	знать: - инструменты математических программ для решения оптимизационных задач в области химико-технологических процессов и технологий в энергетике; - прикладное программное обеспечение для расчета параметров и выбора серийного и разработки нового теплоэнергетического, теплотехнического и теплотехнологического оборудования. уметь: - создавать аппроксимирующие и интерполирующие зависимости справочных величин для использования в расчетах ХТП; - производить расчеты химико-технологических процессов; - проводить технические расчеты по проектам, технико-экономического и функционально-стоимостного анализа эффективности проектных решений, с использованием прикладного программного обеспечения для расчета параметров и выбора серийного и разработки нового теплоэнергетического, теплотехнического и теплотехнологического оборудования.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Технология воды и топлива в энергетике (далее – ОПОП), направления подготовки 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника, уровень образования: высшее образование - магистратура.

Базируется на уровне высшего образования (бакалавриат, специалитет).

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	Проблема единиц измерения физико-химических и термических величин в задачах оптимизации	22	2	4	-	6	-	-	-	-	-	12	-	<p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> [1] стр. 15-18</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u></p> <p>[1], 15-18 [2], 76-77</p>		
1.1	Проблема единиц измерения физико-химических и термических величин в задачах оптимизации	22		4	-	6	-	-	-	-	-	-	12		-	
2	Расчет и оптимизация процессов коагуляции и известкования	24		4	-	8	-	-	-	-	-	-	12		-	<p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> [1] стр. 35-40</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u></p> <p>[1], 35-40 [3], 48-88</p>
2.1	Расчет и оптимизация процессов коагуляции и известкования	24		4	-	8	-	-	-	-	-	-	12		-	
3	Задача нелинейного численного программирования на примере задачи о выборе фильтров	22		4	-	6	-	-	-	-	-	-	12		-	<p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> [1] стр. 41-45</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u></p> <p>[1], 41-45</p>
3.1	Задача нелинейного численного программирования на примере задачи о выборе фильтров	22		4	-	6	-	-	-	-	-	-	12		-	

4	Использование символьной математики при решении оптимизационных задач ХТП	20	2	-	6	-	-	-	-	-	12	-	<i><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></i> [1] стр. 4-14, 22-24 <i><u>Изучение материалов литературных источников:</u></i> [1], 4-14, 22-24 [2], 151-153
4.1	Использование символьной математики при решении оптимизационных задач ХТП	20	2	-	6	-	-	-	-	-	12	-	
5	Константное обеспечение задач оптимизации ХТП	20	2	-	6	-	-	-	-	-	12	-	<i><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></i> [1] стр. 19-21 <i><u>Изучение материалов литературных источников:</u></i> [1], 19-21
5.1	Константное обеспечение задач оптимизации ХТП	20	2	-	6	-	-	-	-	-	12	-	
	Экзамен	36.0	-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5	
	Всего за семестр	144.0	16	-	32	-	2	-	-	0.5	60	33.5	
	Итого за семестр	144.0	16	-	32	2	-	-	0.5	93.5			

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. Проблема единиц измерения физико-химических и термических величин в задачах оптимизации

1.1. Проблема единиц измерения физико-химических и термических величин в задачах оптимизации

Основы решения задач водной химии в пакете Mathcad использованием размерных величин. Расчет pH раствора серной кислоты. Расчет активности ионов раствора. Расчет pH растворов различных солей, кислот, щелочей..

2. Расчет и оптимизация процессов коагуляции и известкования

2.1. Расчет и оптимизация процессов коагуляции и известкования

Построение кривой титрования буферного раствора. Методы и подходы для решения задачи о pH многокомпонентного раствора. Расчет состава воды после совместного проведения коагуляции и известкования в осветлителе на основе равновесных концентраций. Оптимизация дозировок реагентов при коагуляции и известковании. Решение задачи на расчетном сервере НИУ «МЭИ»..

3. Задача нелинейного численного программирования на примере задачи о выборе фильтров

3.1. Задача нелинейного численного программирования на примере задачи о выборе фильтров

Выбор количества и типоразмер осветлительных и ионитных фильтров для обеспечения заданной производительности. В качестве критериев оптимизации рассматривается минимизация: количества фильтров, стоимость фильтра вместе с его обвязкой (арматура)..

4. Использование символьной математики при решении оптимизационных задач ХТП

4.1. Использование символьной математики при решении оптимизационных задач ХТП

Вывод уравнений для решения задачи о показателях качества на основе состава природных вод для различных источников. Вывод уравнений для решения задач водной химии с использованием символьных инструментов компьютерной математики..

5. Константное обеспечение задач оптимизации ХТП

5.1. Константное обеспечение задач оптимизации ХТП

Разработка функций для расчетов различных справочных данных, используемых в процессах водоподготовки. Методы и подходы, используемые для импорта справочных данных в инженерный расчет. Расчетный сервер НИУ «МЭИ»/ Решение проблем и оптимизация..

3.3. Темы практических занятий

1. Разработка пользовательских функций для расчетов справочных данных;
2. Регрессионный анализ в среде Mathcad;
3. Оптимизация размеров бака хранения воды с учетом капитальных и эксплуатационных затрат;
4. Оптимизация размеров бака хранения воды;
5. Выбор количества и типоразмера ионитных фильтров при различных вариантах минимизации количества оборудования;

6. Решение в среде Mathcad задачи нелинейного численного программирования на примере задачи о выборе фильтров по минимальной стоимости варианта;
7. Поиск оптимальной дозы извести, при которой жесткость известкованной воды минимальна;
8. Вывод уравнений для решения задачи о показателях качества воды на основе состава природных вод для различных источников;
9. Расчет pH растворов различных солей, кислот, щелочей;
10. Расчет pH раствора серной кислоты;
11. Работа с температурными шкалами;
12. Расчет активности ионов раствора;
13. Расчет состава воды после совместного проведения коагуляции и известкования;
14. Работа с концентрациями;
15. Построение кривой титрования буферного раствора;
16. Выбор количества и типоразмера осветлительных фильтров для обеспечения заданной производительности.

3.4. Темы лабораторных работ не предусмотрено

3.5 Консультации

Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Обсуждение решения задач с использованием единиц измерения.
2. Обсуждение решения задачи по расчету показателей качества воды после К и И.
3. Обсуждение решения задачи по расчету количества и выбору типоразмера осветлительных и ионитных фильтрах.
4. Обсуждение решения задачи по использованию символьной математики при решении оптимизационных задач на примере выбора размера бака.
5. Консультации направлены на получение индивидуального задания для решения задачи по разделу "Константное обеспечение задач оптимизации ХТП"

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	5	
Знать:							
прикладное программное обеспечение для расчета параметров и выбора серийного и разработки нового теплоэнергетического, теплотехнического и теплотехнологического оборудования	ИД-3ПК-2				+		Контрольная работа/Использование инструментов символьной математики при решении оптимизационных задач в области химико-технологических процессов и технологий в энергетике
инструменты математических программ для решения оптимизационных задач в области химико-технологических процессов и технологий в энергетике	ИД-3ПК-2	+					Контрольная работа/Расчет pH растворов различных солей, кислот, щелочей
Уметь:							
проводить технические расчеты по проектам, технико-экономического и функционально-стоимостного анализа эффективности проектных решений, с использованием прикладного программного обеспечения для расчета параметров и выбора серийного и разработки нового теплоэнергетического, теплотехнического и теплотехнологического оборудования	ИД-3ПК-2			+			Контрольная работа/Выбор оборудования ВПУ
производить расчеты химико-технологических процессов	ИД-3ПК-2		+				Контрольная работа/Расчет оптимальной дозы реагентов при коагуляции и известковании
создавать аппроксимирующие и интерполирующие зависимости справочных величин для использования в расчетах ХТП	ИД-3ПК-2					+	Контрольная работа/Константное обеспечение расчетов химико-технологических процессов

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

4.1. Текущий контроль успеваемости

2 семестр

Форма реализации: Компьютерное задание

1. Использование инструментов символьной математики при решении оптимизационных задач в области химико-технологических процессов и технологий в энергетике (Контрольная работа)
2. Константное обеспечение расчетов химико-технологических процессов (Контрольная работа)

Форма реализации: Письменная работа

1. Выбор оборудования ВПУ (Контрольная работа)
2. Расчет оптимальной дозы реагентов при коагуляции и известковании (Контрольная работа)
3. Расчет pH растворов различных солей, кислот, щелочей (Контрольная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Экзамен (Семестр №2)

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

В диплом выставляется оценка за 2 семестр.

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

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. Орлов, К. А. Основы оптимизации химико-технологических процессов обработки воды на ТЭС : учебное пособие по курсу "Оптимизация химико-технологических процессов" по направлению "Теплоэнергетика и теплотехника" / К. А. Орлов, Нац. исслед. ун-т "МЭИ". – М. : Изд-во МЭИ, 2013. – 48 с. – ISBN 978-5-7046-1364-0.
<http://elibr.mpei.ru/elibr/view.php?id=5649>;
2. Очков, В. Ф. Mathcad 14 для студентов и инженеров. : русская версия / В. Ф. Очков. – СПб. : БХВ-Петербург, 2009. – 512 с. – ISBN 978-5-9775040-3-4.;
3. Копылов А.С. , Лавыгин В.М. , Очков В.Ф. - "Водоподготовка в энергетике", Издательство: "Издательский дом МЭИ", Москва, 2016 - (310 с.)
http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=72208.

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. Office / Российский пакет офисных программ;
2. Windows / Операционная система семейства Linux;
3. SmathStudio;

4. TBT Shell.

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	В-411, Учебная лаборатория «Вычислительный центр ТВТ»	стол преподавателя, стол компьютерный, стул, шкаф для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная, доска маркерная передвижная, компьютер персональный, кондиционер
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	В-411, Учебная лаборатория «Вычислительный центр ТВТ»	стол преподавателя, стол компьютерный, стул, шкаф для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная, доска маркерная передвижная, компьютер персональный, кондиционер
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	В-411, Учебная лаборатория «Вычислительный центр ТВТ»	стол преподавателя, стол компьютерный, стул, шкаф для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная, доска маркерная передвижная, компьютер персональный, кондиционер
Помещения для самостоятельной работы	НТБ-303, Лекционная аудитория	стол компьютерный, стул, стол письменный, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, кондиционер
Помещения для консультирования	В-413/1, Кабинет сотрудников каф. "ТОТ"	стул, шкаф для хранения инвентаря, стол письменный, холодильник
Помещения для хранения	В-417, Помещение учебно-	кресло рабочее, рабочее место сотрудника, стол, стул, шкаф для документов, шкаф для

оборудования и учебного инвентаря	вспомогательного персонала каф. "ТОТ"	хранения инвентаря, компьютерная сеть с выходом в Интернет, доска маркерная, многофункциональный центр, компьютер персональный, принтер, кондиционер
-----------------------------------	---------------------------------------	--

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Оптимизация химико-технологических процессов

(название дисциплины)

2 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 Расчет pH растворов различных солей, кислот, щелочей (Контрольная работа)
- КМ-2 Расчет оптимальной дозы реагентов при коагуляции и известковании (Контрольная работа)
- КМ-3 Выбор оборудования ВПУ (Контрольная работа)
- КМ-4 Использование инструментов символьной математики при решении оптимизационных задач в области химико-технологических процессов и технологий в энергетике (Контрольная работа)
- КМ-5 Константное обеспечение расчетов химико-технологических процессов (Контрольная работа)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5
		Неделя КМ:	4	7	11	13	15
1	Проблема единиц измерения физико-химических и термических величин в задачах оптимизации						
1.1	Проблема единиц измерения физико-химических и термических величин в задачах оптимизации		+				
2	Расчет и оптимизация процессов коагуляции и известкования						
2.1	Расчет и оптимизация процессов коагуляции и известкования			+			
3	Задача нелинейного численного программирования на примере задачи о выборе фильтров						
3.1	Задача нелинейного численного программирования на примере задачи о выборе фильтров				+		
4	Использование символьной математики при решении оптимизационных задач ХТП						
4.1	Использование символьной математики при решении оптимизационных задач ХТП					+	
5	Константное обеспечение задач оптимизации ХТП						
5.1	Константное обеспечение задач оптимизации ХТП						+
Вес КМ, %:			10	30	30	20	10