

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Забайкальский государственный университет»
(ФГБОУ ВО «ЗабГУ»)

Энергетический факультет

Кафедра Автоматизации производственных процессов

УТВЕРЖДАЮ:

Декан факультета

Мирошников С.Ф.

« ____ » _____ 20 ____ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Б1.В.06.(копия) Физико-химические основы теплотехнологий

на 144 часа(ов), 4 зачетных(ые) единиц(ы)

для направления подготовки (специальности) 13.04.01 – Теплоэнергетика и теплотехника

составлена в соответствии с ФГОС ВО, утвержденным приказом
Министерства образования и науки Российской Федерации от
« ____ » _____ 20 ____ г. № _____

Магистерская программа – Технология производства электрической и тепловой энергии
(для набора 2020)

Форма обучения очная, заочная

1. Организационно-методический раздел

1.1 Цель и задачи дисциплины (модуля)

Цель изучения дисциплины:

получение студентами знаний физико-химических основ теплотехнологий.

Задачи изучения дисциплины:

в процессе изучения студенты, должны овладеть знаниями: законов термодинамики, методов расчета и анализа рабочих процессов и циклов теплотехнических установок с целью достижения их наивысшей энергетической эффективности. Изучить закономерности основных процессов переноса тепла и массы. Освоить методы решения различных задач теплообмена посредством физического и математического моделирования. Изучить особенности физического и математического моделирования одномерных и трехмерных, дозвуковых и сверхзвуковых, ламинарных и турбулентных течений идеальной и реальной несжимаемой и сжимаемой жидкостей.

1.2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОП

Дисциплина «Физико-химические основы теплотехнологий» входит в часть, формируемую участниками образовательных отношений «Обязательные дисциплины» программы магистратуры в соответствии с ФГОС 3+ и относится дисциплинам, обязательным для изучения студентами, обучающихся по направлению 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника. Дисциплина «Физико-химические основы теплотехнологий» является специальной дисциплиной, профессионального цикла дисциплин. Изучение специальных дисциплин («Режимы работы и эксплуатации ТЭС Забайкальского края», «Проблемы энерго- и ресурсосбережения в теплоэнергетике, теплотехнике и теплотехнологиях», «Альтернативные и возобновляемые источники энергии», «Современные проблемы теплоэнергетики, теплотехники и теплотехнологий», «Технико-экономическое обоснование проектных решений в теплоэнергетике», «Основы централизованного теплоснабжения») основывается на знании физико-химических основ теплотехнологий. Для успешного освоения дисциплины студент, обучающийся по профилю 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника, должен иметь базовую подготовку по курсу физики и по разделам высшей математики: векторная алгебра.

1.3. Объем дисциплины (модуля) с указанием трудоемкости всех видов учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины (модуля) составляет 4 зачетных(ые) единиц(ы), 144 часов.

Очная форма

Виды занятий	Распределение по семестрам		Всего часов
	1 семестр		
Общая трудоемкость			144
Аудиторные занятия, в т.ч.	32		32
лекционные (ЛК)	16		16
практические (семинарские) (ПЗ, СЗ)	0		0
лабораторные (ЛР)	16		16

Самостоятельная работа студентов (СРС)	76	76
Форма промежуточной аттестации в семестре	Экзамен	36
Курсовая работа (курсовой проект) (КР, КП)		

Заочная форма

Виды занятий	Распределение по семестрам	Всего часов
	1 семестр	
Общая трудоемкость		144
Аудиторные занятия, в т.ч.	14	14
лекционные (ЛК)	6	6
практические (семинарские) (ПЗ, СЗ)	0	0
лабораторные (ЛР)	8	8
Самостоятельная работа студентов (СРС)	94	94
Форма промежуточной аттестации в семестре	Экзамен	36
Курсовая работа (курсовой проект) (КР, КП)		

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Планируемые результаты освоения образовательной программы		Планируемые результаты обучения по дисциплине
Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции, формируемые в рамках дисциплины	Дескрипторы: знания, умения, навыки и (или) опыт деятельности
	ИД-1ПК-2 Демонстрирует знание требований НТД при проектировании ОПД, их элементов и систем	Знать: требования НТД для проектирования ОПД, из элементов и систем Уметь: анализировать требования НТД Владеть: методами анализа данных при использовании НТД.

ПК-2	ИД-1ПК-2 Демонстрирует знание требований НТД при проектировании ОПД, их элементов и систем	Знать: : современные технологии, материалы и оборудование для разработки проектов ОПД, их элементов и систем: современные технологии, материалы и оборудование для разработки проектов ОПД, их элементов и систем Уметь: анализировать различные источники, в т.ч. нормативные документы анализировать различные источники, в т.ч. нормативные документы Владеть: методами разработки и оформления проектно-конструкторских работ методами разработки и оформления проектно-конструкторских работ
------	---	---

3. Структура и содержание дисциплины

3.1. Разделы дисциплины и виды занятий

3.1 Структура дисциплины для очной формы обучения

Модуль	Номер раздела	Наименование раздела	Темы раздела	Всего часов	Аудиторные занятия			СРС
					ЛК	ПЗ (СЗ)	ЛР	
1	1	Уравнение Бернулли для идеальной жидкости	Уравнение Бернулли для идеальной жидкости Уравнение Бернулли для идеальной жидкости	15	2		4	9
	2	Модель вязкого течения в трубах	Модель вязкого течения в трубах	16	2		4	10
2	3	Термодинамические процессы	Термодинамические процессы	11	2			9
	4	Водяной пар	Водяной пар	12	2			10
3	5	Циклы паротурбинных установок	Циклы паротурбинных установок	16	2		4	10
	6	Газовые циклы	Газовые циклы	20	2		4	14
4	7	Теплогидравлический расчет теплообменных аппаратов. расчет теплообменных аппаратов.	Теплогидравлический расчет теплообменных аппаратов. расчет теплообменных аппаратов.	18	4			14
Итого				108	16	0	16	76

3.1 Структура дисциплины для заочной формы обучения

Модуль	Номер	Наименование раздела	Темы раздела	Всего	Аудиторные занятия	СРС

Модуль	раздела	Тема	Содержание	часов	ЛК	ПЗ (СЗ)	ЛР	Итого
1	1	Уравнение Бернулли для идеальной жидкости	Уравнение Бернулли для идеальной жидкости	16	2		4	10
	2	Модель вязкого течения в трубах	Модель вязкого течения в трубах	10				10
2	3	Термодинамические процессы	Термодинамические процессы	10				10
	4	Водяной пар	Водяной пар	15				15
3	5	Циклы паротурбинных установок	Циклы паротурбинных установок	11	2		4	5
	6	Газовые циклы	Газовые циклы	15				15
4	7	Теплогидравлический расчет теплообменных аппаратов.	Теплогидравлический расчет теплообменных аппаратов.	21	2			19
Итого				98	6	0	8	84

3.4. Содержание разделов дисциплины

3.4.1. Лекционные занятия, содержание и объем в часах

Модуль	Номер раздела	Тема	Содержание	Трудоемкость (в часах)	
				ОФО	ЗФО
1	1	Уравнение Бернулли для идеальной жидкости	Одномерные течения. Уравнения количества движения и момента количества движения. Уравнение энергии в интегральной и дифференциальной форме. Уравнение Бернулли для идеальной жидкости.	2	2
	2	Модель вязкого течения в трубах	Модель вязкого течения в трубах. Уравнение движения для вязкой жидкости. Уравнения Навье-Стокса. Линейные потери напора. Опыт Никурадзе. Местные потери напора. Гидравлическое сопротивление простых и сложных трубопроводов. Гидравлический удар. Кавитация. Измерение расхода жидкости посредством сужающих устройств. Слияние и разделение потоков.	2	

2	3	Термодинамические процессы	Основные термодинамические процессы (изохорный, изотермический, изобарный, адиабатный). Исследование процессов. Сравнительный анализ политропных процессов. Адиабатное истечение газов и паров из геометрического сопла. Максимальный расход и критическая скорость. Зависимость скорости и расхода газа через сопло от отношения конечного и начального давлений. Сопло Лаваля. Уравнение процесса дросселирования. Дросселирование идеального газа.	2	
	4	Водяной пар	Вода и водяной пар. Удельный объем, энтальпия и энтропия воды, влажного, сухого насыщенного и перегретого пара. Критические условия, сверхкритическая область состояния пара. Таблицы термодинамических свойств воды и водяного пара. P-V, T-S, h-S диаграммы водяного пара. Расчет процессов для водяного пара	2	
	5	Циклы паротурбинных установок	Принципиальная схема паротурбинной установки (цикл Ренкина), цикл в P-V, T-S, i-S диаграммах. Термический КПД цикла. Способы повышения термического КПД цикла Ренкина – влияние начальных и конечных параметров пара. Расширение пара в турбине. Тепловой и эксергетический балансы паротурбинной установки. Термодинамический анализ цикла ПТУ. Схемы регенеративного подогрева питательной воды, цикл в P-V, TS, i-S диаграммах. КПД цикла. Комбинированная выработка электроэнергии и тепла на ТЭЦ. Термодинамические основы теплофикации	2	2
3					

	6	Газовые циклы	Работа одноступенчатого компрессора. Термодинамический расчет компрессора. Многоступенчатый компрессор. Принципиальная схема и цикл газотурбинной установки с подогревом тепла при $p=\text{const}$ и $v=\text{const}$. Термический КПД идеального цикла. Регенерация, многоступенчатое сжатие и ступенчатый подвод тепла в газотурбинной установке. Индикаторная диаграмма и цикл поршневого двигателя внутреннего сгорания. Циклы с подводом тепла при $V=\text{const}$, $p=\text{const}$ и смешанным подводом тепла. КПД циклов и их термодинамический анализ	2	
4	7	Теплогидравлический расчет теплообменных аппаратов	Классификация теплообменных аппаратов. Уравнения теплового баланса и теплопередачи. Температурный напор при прямоточной, противоточной и сложной схемах движения теплоносителей. Тепловой расчет рекуперативных теплообменников. Сравнение тепловой эффективности прямоточной и противоточной схем рекуперативных теплообменников. Понятие о расчете смешительных и регенеративных теплообменных аппаратов. Гидравлический расчет теплообменников.	4	2

3.4.2. Практические занятия, содержание и объем в часах

Модуль	Номер раздела	Тема	Содержание	Трудоемкость (в часах)	
				ОФО	ЗФО

3.4.3. Лабораторные занятия, содержание и объем в часах

Модуль	Номер раздела	Тема	Содержание	Трудоемкость (в часах)	
				ОФО	ЗФО
1	1	Уравнение Бернулли для идеальной жидкости	Исследование сужающих устройств различного типа	4	4

	2	Модель вязкого течения в трубах	Исследование простого трубопровода с местными сопротивлениями на переменных режимах	2	
3	5	Циклы паротурбинных установок	Исследование термодинамических циклов паротурбинных установок на основе вычислительного эксперимента (Математическое моделирование термодинамического цикла ПТУ с промежуточным перегревом пара)	4	4
	6	Газовые циклы	Исследование термодинамических циклов газотурбинных установок на основе вычислительного эксперимента	4	

3.6. Самостоятельная работа студентов

Модуль	Номер раздела	Содержание материала, выносимого на самостоятельное изучение	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость (в часах)	
				ОФО	ЗФО
1	1,2	Одномерные течения. Уравнения количества движения и момента количества движения. Уравнение энергии в интегральной и дифференциальной форме. Уравнение Бернулли для идеальной жидкости. Модель вязкого течения в трубах. Уравнение движения для вязкой жидкости. Уравнения Навье-Стокса. Линейные потери напора. Опыт Никурадзе. Местные потери напора. Гидравлическое сопротивление простых и сложных трубопроводов. Гидравлический удар. Кавитация. Измерение расхода жидкости посредством сужающих устройств. Слияние и разделение потоков.	Составление конспекта, подготовка сообщений и докладов, анализ литературы, выполнение домашних контрольных работ, подготовка электронных презентаций, решение задач, работа с электронными образовательными ресурсами, подготовка отчетов по Л.Р.	19	20

2	3,4	Основные термодинамические процессы (изохорный, изотермический, изобарный, адиабатный). Исследование процессов. Сравнительный анализ политропных процессов. Адиабатное истечение газов и паров из геометрического сопла. Максимальный расход и критическая скорость. Зависимость скорости и расхода газа через сопло от отношения конечного и начального давлений. Сопло Лавалю. Уравнение процесса дросселирования. Дросселирование идеального газа. Вода и водяной пар. Удельный объем, энтальпия и энтропия воды, влажного, сухого насыщенного и перегретого пара. Критические условия, сверхкритическая область состояния пара. Таблицы термодинамических свойств воды и водяного пара. P-V, T-S, h-S диаграммы водяного пара. Расчет процессов для водяного пара	Составление конспекта, подготовка сообщений и докладов, анализ литературы, выполнение домашних контрольных работ, подготовка электронных презентаций, решение задач, работа с электронными образовательными ресурсами,	19	25
---	-----	--	---	----	----

3	5.6	Принципиальная схема паротурбинной установки (цикл Ренкина), цикл в P-V, T-S, i-S диаграммах. Термический КПД цикла. Способы повышения термического КПД цикла Ренкина – влияние начальных и конечных параметров пара. Расширение пара в турбине. Тепловой и эксергетический балансы паротурбинной установки. Термодинамический анализ цикла ПТУ. Схемы регенеративного подогрева питательной воды, цикл в P-V, TS, i-S диаграммах. КПД цикла. Комбинированная выработка электроэнергии и тепла на ТЭЦ. Термодинамические основы теплофикации. Работа одноступенчатого компрессора. Термодинамический расчет компрессора. Многоступенчатый компрессор. Принципиальная схема и цикл газотурбинной установки с подогревом тепла при $p=\text{const}$ и $v=\text{const}$. Термический КПД идеального цикла. Регенерация, многоступенчатое сжатие и ступенчатый подвод тепла в газотурбинной установке. Индикаторная диаграмма и цикл поршневого двигателя внутреннего сгорания. Циклы с подводом тепла при $V=\text{const}$, $p=\text{const}$ и смешанным подводом тепла. КПД циклов и их термодинамический анализ	Составление конспекта, подготовка сообщений и докладов, анализ литературы, выполнение домашних контрольных работ, подготовка электронных презентаций, решение задач, работа с электронными образовательными ресурсами, подготовка отчетов по Л.Р.	24	30
4	7	Классификация теплообменных аппаратов. Уравнения теплового баланса и теплопередачи. Температурный напор при прямоточной, противоточной и сложной схемах движения теплоносителей. Тепловой расчет рекуперативных теплообменников. Сравнение тепловой эффективности прямоточной и противоточной схем рекуперативных теплообменников. Понятие о расчете смешительных и регенеративных теплообменных аппаратов. Гидравлический расчет теплообменников.	Составление конспекта, подготовка сообщений и докладов, анализ литературы, выполнение домашних контрольных работ, подготовка электронных презентаций, решение задач, работа с электронными образовательными ресурсами	14	19

4. Фонд оценочных средств для проведения текущей и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

Фонд оценочных средств

5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

5.1. Основная литература

5.1.1. Печатные издания

- 1 . Кириллин, Владимир Алексеевич. Техническая термодинамика: учебник / Кириллин Владимир Алексеевич, Сычев Вячеслав Владимирович, Шейндлин Александр Ефимович. - 5-е изд., перераб. и доп. - Москва: МЭИ, 2008. - 496 с. : ил. - ISBN 978-5-383-00263-6 :1013-00.
- 2 . Кудинов, Василий Александрович. Техническая термодинамика: учеб. пособие / Кудинов Василий Александрович, Карташов Эдуард Михайлович. - 2-е изд., испр. - Москва : Высш. шк., 2001. - 261с. - ISBN 5-06-003712-6 : 75-00.
- 3 . Сборник задач по технической термодинамике: учебник / Андрианова Тамара Николаевна [и др.]. - 3-е изд., перераб. и доп. - Москва : Энергоиздат, 1981. - 239 с. - 0-70.
- 4 . Юдаев, Борис Николаевич. Техническая термодинамика. Теплопередача: учебник /Юдаев Борис Николаевич. - М. : Высшая школа, 1988. - 479с. : ил. - 1-40.

5.1.2. Издания из ЭБС

Теплотехника в 2 т. Том 1. Термодинамика и теория теплообмена: Учебник / Ерофеев Валентин Леонидович; Ерофеев В.Л., Пряхин А.С., Семенов П.Д. - М. : Издательство Юрайт, 2017. - 308. - (Бакалавр и магистр. Академический курс). - ISBN 978-5-534-01738-0. - ISBN 978-5-534-01739-7: 120.39. <https://www.biblio-online.ru/book/E0E1338F-8EAF-430A-B206-A8A45F61C0AC>

5.2. Дополнительная литература

5.2.1. Печатные издания

5.2.1. Печатные издания

1. Рабинович, Оскар Маркович. Сборник задач по технической термодинамике : учеб. пособие / Рабинович Оскар Маркович. - 5-е изд., перераб. - Москва : Машиностроение, 1973. - 344с. - 0-88.
2. Техническая термодинамика : учебник для вузов / Дрыжаков Евгений Васильевич [и др.]; под ред. В.И. Крутова. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Высш. шк., 1981. - 439 с. : ил. - 1-40.
3. Нащокин, Владимир Васильевич. Техническая термодинамика и теплопередача : учебник / Нащокин Владимир Васильевич. - 3-е изд., испр. и доп. - Москва : Высш. шк., 1980. - 469с. : ил. - 1-30.

5.2.2. Издания из ЭБС

4. Белов, Глеб Витальевич. Термодинамика в 2 ч. Часть 1 : Учебник и практикум / Белов Глеб Витальевич; Белов Г.В. - 2-е изд. - М. : Издательство Юрайт, 2017. - 264. - (Бакалавр. Академический курс). - ISBN 978-5-534-02731-0. - ISBN 978-5-534-02732-7 : 104.01.

<https://www.biblio-online.ru/book/B978FA69-78BE-4FD8-B1EE-F1D7668ED1A7>

5. Кудинов, Василий Александрович. Техническая термодинамика и теплопередача : Учебник / Кудинов Василий Александрович; Кудинов В.А., Карташов Э.М., Стефанюк Е.В. - 3-е изд. - М. : Издательство Юрайт, 2017. - 442. - (Бакалавр. Академический курс). - ISBN 978-5-534-00781-7 : 163.80.

<https://www.biblio-online.ru/book/EFA5B946-B5A6-4C71-AE60-3DAFCC7163EC>

5.3. Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

ЭБС «Троицкий мост»; www.trmost.ru
 ЭБС «Лань»; www.e.lanbook.ru
 ЭБС «Лань»; www.e.lanbook.ru
 ЭБС «Юрайт»; www.biblio-online.ru
 ЭБС «Юрайт»; www.biblio-online.ru
 ЭБС «Консультант студента»; www.studentlibrary.ru
 ЭБС «Консультант студента»; www.studentlibrary.ru

6. Перечень программного обеспечения

Программное обеспечение общего назначения: ОС Microsoft Windows, Microsoft Office, ABBYY FineReader, ESET NOD32 Smart Security Business Edition, Foxit Reader, АИБС "МегаПро".

Программное обеспечение специального назначения:

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Наименование помещений для проведения учебных занятий и для самостоятельной работы обучающихся	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа	Состав оборудования и технических средств обучения указан в паспорте аудитории, закрепленной расписанием по факультету
Учебные аудитории для проведения практических занятий	
Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий	
Учебные аудитории для промежуточной аттестации	

8. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины

Для эффективного освоения материала дисциплины необходимым является выполнение следующих требований:

- обязательное посещение всех лекционных занятий, способствующее системному овладению материалом курса;
- все вопросы соответствующих разделов и тем по дисциплине необходимо фиксировать (на любых носителях информации);
- обязательное самостоятельное выполнение домашних заданий является важнейшим требованием и условием формирования целостного и системного знания по дисциплине;
- обязательность личной активности каждого студента на всех занятиях по дисциплине;
- в случаях неясности каких-либо вопросов, обсуждаемых на занятиях, необходимо задать соответствующие вопросы преподавателю, а не оставлять их непонятыми;
- в случаях пропусков занятий по уважительным причинам студентам предоставляется право подготовки и представления заданий и ответов на вопросы изученного материала, с расчетом на помощь преподавателя в его усвоении;
- в случаях пропусков без уважительной причины студент обязан самостоятельно изучить соответствующий материал;
- необходимым условием является самостоятельность и инициативность студентов при контроле набора баллов по дисциплине для успешного прохождения промежуточной аттестации.

Для эффективного освоения материала дисциплины в ходе практических занятий необходимо выполнение следующих требований:

- четко понимать цели предстоящих занятий (предварительно формулируются преподавателем);
- владеть навыками поиска, обработки, адаптации и презентации необходимого материала;

- уметь четко формулировать и отстаивать собственный взгляд на рассматриваемые проблемные вопросы, который необходимо подкреплять адекватной аргументацией;
- уметь выделять и формулировать противоречия по рассматриваемым проблемам, понимая их источники;
- владеть навыками публичного выступления (логично, ясно и лаконично излагать свои мысли; адекватно оценивать восприятие и понимание слушателями представляемого материала; отвечать на задаваемые вопросы; приводить адекватные и убедительные аргументы в защиту своей позиции и т.д.);
- уметь критически оценивать собственные знания, умения и навыки в динамике в сравнении с таковыми у других, с целью раскрытия дополнительных возможностей их развития;
- при подготовке к занятиям обязательно изучить рекомендуемую литературу;
- оценить различные точки зрения на проблемные вопросы нескольких исследователей, а не ограничиваться рассмотрением позиции одного автора;
- при формулировке собственной точки зрения предусмотреть убедительную ее аргументацию и возможность возникновения спорных ситуаций;
- владеть навыками работы в команде (при выполнении определенных заданий, предполагающих работу в микрогруппах, при проведении ролевых игр, дискуссий и т.д.).

Порядок организации самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа студентов предполагает:

- самостоятельный поиск, обработку (анализ, синтез, обобщение и систематизацию), адаптацию необходимой по дисциплине информации;
- выполнение заданий для самостоятельной работы;
- изучение и усвоение теоретического материала, представленного на лекционных занятиях и в соответствующих литературных источниках (рекомендуемая основная и дополнительная литература);
- самостоятельное изучение отдельных вопросов курса;
- подготовка к практическим и семинарским занятиям, в соответствии с рекомендациями преподавателя (выполнение конкретных заданий, соответствующие организационные действия и т.д.).

Подготовка индивидуальных сообщений (докладов) в рамках самостоятельной работы студента предполагает достаточно длительную системную работу студента, а также в случае необходимости консультативную помощь преподавателя.

Работа должна быть тщательно продумана, спланирована и разделена на соответствующие этапы, каждый из которых требует целого ряда определенных умений и навыков:

- определение и формулировка темы сообщения или доклада (либо осмысление темы, сформулированной преподавателем в соответствующих случаях);
- составление плана с использованием анализа, синтеза, обобщения и логики построения изложения материала;
- определение источников информации;
- работа с источниками научной информации (подбор, анализ, обобщение, систематизация, адаптация и т.д.);
- формулировка основных обобщений и выводов по результатам анализа изученного материала.

Разработчик/группа разработчиков: Батухтин А.Г заведующий кафедрой энергетики

**Рассмотрена на заседании кафедры
(протокол от 03.09.2020 г. № 1)**

Согласована с выпускающей кафедрой

Заведующий кафедрой

« ____ » _____ 20 ____ г.