

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

Энергетический факультет

Кафедра Энергетики

УТВЕРЖДАЮ:

Декан факультета

Мирошников С.Ф.

« ____ » _____ 20 ____ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Б1.В.12.(копия) Ядерные и комбинированные энергетические установки

на 288 часа(ов), 8 зачетных(ые) единиц(ы)

для направления подготовки (специальности) 13.03.01 – Теплоэнергетика и теплотехника

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

Профиль – Тепловые электрические станции (для набора 2020)

Форма обучения очная, заочная

1. Организационно-методический раздел

1.1 Цель и задачи дисциплины (модуля)

Цель изучения дисциплины:

Подготовка специалистов, способных ставить и решать задачи по применению в энергетике комбинированных циклов получения электрической и тепловой энергии

Задачи изучения дисциплины:

Изучение видов и типов комбинированных и ядерных энергоустановок и методов повышения их экономичности, овладение принципами выбора основного и вспомогательного оборудования, особенностями расчета, знание перспектив развития КЭУ.

1.2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОП

Дисциплина «Комбинированные энергетические установки» относится к обязательным дисциплинам Блока 1 (Часть, формируемая участниками образовательных отношений). Курс предполагает, что студенты предварительно получили необходимую теоретическую и практическую подготовку при изучении основных теплоэнергетических дисциплин: «Техническая термодинамика», «Тепломассообмен», «Гидрогазодинамика», «Котельные установки и парогенераторы», «Турбины ТЭС и АЭС», «Тепломеханическое и вспомогательное оборудование ТЭС». Предварительно для успешного освоения дисциплины в вузе обучающемуся необходимо знать термодинамические процессы и циклы; уравнения гидрогазодинамики и тепломассообмена; термодинамические и теплофизические свойства теплоносителей; принципы работы основного оборудования электростанций; уметь пользоваться термодинамическими таблицами и диаграммами состояния воды и водяного пара в i - s координатах; использовать справочную и специальную литературу; иметь опыт решения типовых задач по гидрогазодинамике и тепломассообмену; тепловому расчету элементов котельных и паротурбинных установок. Дисциплина является базовой для успешного освоения дисциплины «Тепловые и атомные электростанции».

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

Общая трудоемкость дисциплины (модуля) составляет 8 зачетных(ые) единиц(ы), 288 часов.

Очная форма

Виды занятий	Распределение по семестрам		Всего часов
	6 семестр	7 семестр	
Общая трудоемкость			288
Аудиторные занятия, в т.ч.	48	34	82
лекционные (ЛК)	32	17	49
практические (семинарские) (ПЗ, СЗ)	16	17	33
лабораторные (ЛР)	0	0	0
Самостоятельная работа студентов (СРС)	60	74	134

Форма промежуточной аттестации в семестре	Зачет	Экзамен	36
Курсовая работа (курсовой проект) (КР, КП)		КП	

Заочная форма

Виды занятий	Распределение по семестрам		Всего часов
	8 семестр	9 семестр	
Общая трудоемкость			288
Аудиторные занятия, в т.ч.	14	16	30
лекционные (ЛК)	8	8	16
практические (семинарские) (ПЗ, СЗ)	6	8	14
лабораторные (ЛР)	0	0	0
Самостоятельная работа студентов (СРС)	94	92	186
Форма промежуточной аттестации в семестре	Зачет	Экзамен	36
Курсовая работа (курсовой проект) (КР, КП)		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

ПК-1. Способен к разработке схем размещения ОПД в соответствии с технологией производства	ИД-1 ПК-1. Способен принимать и обосновывать конкретные технические решения при разработке ОПД, их элементов и систем	Знать: Стандартные технические решения формирования ОПД, их элементов и систем Уметь: Принимать и обосновывать конкретные технические решения при разработке ОПД, их элементов и систем Владеть: Навыками расчета различных технических решений при разработке ОПД, их элементов и систем
	ИД-2 ПК-1. Соблюдает правила технологической дисциплины при эксплуатации ОПД	Знать: Правила технологической дисциплины Уметь: Соблюдать правила технологической дисциплины при эксплуатации ОПД Владеть: Базовыми навыками эксплуатации ОПД
ПК-2. Обладает готовностью к участию в организации метрологического обеспечения технологических процессов ОПД при использовании типовых методов.	ИД-1 ПК-2. Демонстрирует знание метрологического обеспечения технологических процессов ОПД.	Знать: Основы метрологического обеспечения технологических процессов ОПД. Уметь: Корректно оценивать эффективность метрологического обеспечения технологических процессов ОПД. Владеть: Навыками применения технических средств для обеспечения единства и требуемой точности измерений.

	<p>ИД-2 ПК-2. Использует типовые методы расчета и схемы метрологического обеспечения технологических процессов ОПД.</p>	<p>Знать: Типовые методы расчета и схемы метрологического обеспечения технологических процессов ОПД. Уметь: Актуализировать типовые методы расчета и схемы метрологического обеспечения технологических процессов ОПД. Владеть: Навыками проведения типовых расчетов</p>
<p>ПК-3. Обладает готовностью к обеспечению экологической безопасности ОПД и разработке экозащитных мероприятий</p>	<p>ИД-1 ПК-3. Демонстрирует знание нормативов по обеспечению экологической безопасности ОПД</p>	<p>Знать: Нормативы по обеспечению экологической безопасности ОПД Уметь: Актуализировать Нормативы по обеспечению экологической безопасности ОПД Владеть: Навыками оценки экологических последствий при отклонении экологической безопасности ОПД от нормативов</p>
	<p>ИД-2 ПК-3. Разрабатывает экозащитные мероприятия для ОПД</p>	<p>Знать: Типовые экозащитные мероприятия для ОПД Уметь: Эффективно комбинировать типовые экозащитные мероприятия для достижения максимального эффекта Владеть: Навыками проведения расчетов эффективности экозащитных мероприятий</p>

ПК-5. Способен принимать и обосновывать конкретные технические решения при разработке ОПД, их элементов и систем.	ИД-1 ПК-5. Демонстрирует знание требований НТД при проектировании ОПД, их элементов и систем.	Знать: Требования НТД при проектировании ОПД, их элементов и систем Уметь: Оперировать требованиями НТД при проектировании ОПД, их элементов и систем Владеть: Навыками проектирования ОПД, их элементов и систем с учетом требований НТД
	ИД-2 ПК-5. Разрабатывает и оформляет законченные проектно-конструкторские работы по проектированию ОПД, их элементов и систем.	Знать: Основы разработки проектно-конструкторских работ по проектированию ОПД, их элементов и систем Уметь: Оформлять проектно-конструкторские работы по проектированию ОПД, их элементов и систем Владеть: Навыками выполнения специальных расчетов по ОПД

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	Газовые турбины	Цикл Брайтона	14	2	2	0	10
			Газотурбинная установка как двигатель тепловых электростанций	24	8	6	0	10
	2	Парогазовые установки	Комбинированные энергетические циклы	18	6	2	0	10
			Парогазовые установки различных типов	34	10	4	0	20

			Теплофикационные установки с комбинированными циклами	18	6	2	0	10
2	3	Ядерные энергетические установки	Комбинированные ядерные энергетические установки	38	7	7	0	24
	4	Комбинированные энергетические установки прочих типов	Комбинированные циклы тепловых насосов	28	4	4	0	20
			Комбинированные установки с МГД-генераторами	28	4	4	0	20
			КЭУ в области возобновляемых источников энергии	14	2	2	0	10
Итого				216	49	33	0	134

3.1 Структура дисциплины для заочной формы обучения

Модуль	Номер раздела	Наименование раздела	Темы раздела	Всего часов	Аудиторные занятия			СРС
					ЛК	ПЗ (СЗ)	ЛР	
1	1	Газовые турбины	Цикл Брайтона	21	2	1	0	18
			Газотурбинная установка как двигатель тепловых электростанций	24	2	2	0	20
	2	Парогазовые установки	Комбинированные энергетические циклы	22	1	1	0	20
			Парогазовые установки различных типов	22	2	2	0	18
			Теплофикационные установки с комбинированными циклами	19	1	0	0	18
2	3	Ядерные энергетические установки	Комбинированные ядерные энергетические установки	36	2	2	0	32

	4	Комбинированные энергетические установки прочих типов	Комбинированные циклы тепловых насосов	24	2	2	0	20
			Комбинированные установки с МГД-генераторами	24	2	2	0	20
			КЭУ в области возобновляемых источников энергии	24	2	2	0	20
Итого				216	16	14	0	186

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	Цикл Брайтона	Цели, задачи и структура учебной дисциплины. Современное состояние большой и малой энергетики России: технико-экономическая эффективность и проблемы. Особенности работы газотурбинных установок. Способы реализации цикла Брайтона. Способы оптимизации цикла Брайтона	2	2
	1	Газотурбинная установка как двигатель тепловых электростанций	Рабочие процессы в газотурбинных установках. Основные характеристики и показатели работы газотурбинной установки. Газотурбинная установка как двигатель тепловых электростанций. Сравнение газотурбинных установок с другими тепловыми двигателями	8	2
	2	Комбинированные энергетические циклы	Этапы развития комбинированных установок в мире. Перспективы развития энергоустановок. Комбинированные энергетические циклы. Ртутно-водяной цикл. Цикл Фильда-Барановского. Бинарный парогазовый цикл. Пути оптимизации бинарных циклов. Циклы с дожиганием топлива в продуктах сгорания газотурбинных установок. Цикл с высоконапорным парогенератором	6	1

	2	Парогазовые установки различных типов	Парогазовые установки с котлами-утилизаторами. Установки с отдельными контурами газа и пара (ПГУ-КУ). Контактные газопаровые установки (КГПУ). Особенности тепловых процессов в контактных газопаровых. Парогазовые установки с паровыми котлами. Парогазовые установки сбросного типа (ПГУ-ПК). Парогазовые установки с параллельной и полузависимой работой. Парогазовые установки с высоконапорным парогенератором (ПГУ-ВПГ).	10	2
	2	Теплофикационные установки с комбинированными циклами	Теплофикационные установки с комбинированными циклами. Особенности ТЭЦ, использующих комбинированные циклы. Использование газотурбинных установок на ТЭЦ (ГТУ-ТЭЦ). Парогазовые установки ТЭЦ (ПГУ-ТЭЦ). Комбинированные (когенерационные) установки с двигателями внутреннего сгорания.	6	1
2	3	Комбинированные ядерные энергетические установки	Комбинированные ЯЭУ. Газотурбинные ЯЭУ. Бинарные и тринарные циклы АЭС: цикл бинарной гелиево-пароводяной, гелиево-углекислотной установок АЭС.	7	2
	4	Комбинированные циклы тепловых насосов	Комбинированные циклы тепловых насосов. Компрессионные и абсорбционные тепловые насосы. Использование тепловых насосов в составе ТЭС и систем централизованного теплоснабжения. ТЭЦ с газомоторным приводом теплового насоса (ТН-ТЭЦ). Котельные с напорной утилизацией теплоты.	4	2
	4	Комбинированные установки с МГД-генераторами	МГД генератор. Устройство и принцип работы. Комбинированные установки с МГД-генераторами. ТЭС с МГД-надстройкой.	4	2
	4	КЭУ в области возобновляемых источников энергии	КЭУ в области возобновляемых источников энергии	2	2

3.4.2. Практические занятия, содержание и объем в часах

Модуль	Номер раздела	Тема	Содержание	Трудоемкость (в часах)	
				ОФО	ЗФО
1	1	Цикл Брайтона	Задачи входного контроля практических знаний по технической термодинамике, тепломассообмену, котельным установкам	2	1
	1	Газотурбинная установка как двигатель тепловых электростанций	Расчет цикла ГТУ	6	2
	2	Комбинированные энергетические циклы	Расчет бинарного цикла ПГУ. Расчет цикла ПГУ с дожиганием.	2	1
	2	Парогазовые установки различных типов	Расчет ПГУ сбросного типа. Расчет ПГУ с параллельной и полузависимой работой	4	2
	2	Теплофикационные установки с комбинированными циклами	Расчет ГТУ-ТЭЦ	2	0
2	3	Комбинированные ядерные энергетические установки	Расчет эффективности комбинированной ЯЭУ	7	2
	4	Комбинированные циклы тепловых насосов	Расчет ТНУ	4	2
	4	Комбинированные установки с МГД-генераторами	Расчет эффективности комбинированной установки с МГД-генератором	4	2
	4	КЭУ в области возобновляемых источников энергии	Изучение возможностей комбинирования циклов в области возобновляемых источников энергии	2	2

3.4.3. Лабораторные занятия, содержание и объем в часах

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

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	Газовые турбины и парогазовые установки	Работа с электронными образовательными ресурсами.	60	94
2	2,3	Ядерные энергетические установки и комбинированные энергетические установки прочих типов	Выполнение курсового проекта. Работа с электронными образовательными ресурсами	74	92

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

Фонд оценочных средств текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины представлен в приложении.

[Фонд оценочных средств](#)

5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

5.1. Основная литература

5.1.1. Печатные издания

1. Газовые турбины и комбинированные энергетические установки: учебное пособие / М.В. Кобылкин, А.Г. Батухтин; Забайкальский государственный университет. – Чита: ЗабГУ, 2019. –173 с. ISBN 978-5-9293-2377-5
2. Парогазовые установки электростанций: учеб. пособие для вузов / А. Д. Трухний. – Москва: ИД МЭИ, 2013. –648 с. ISBN 978-5-383-00721-1
3. Цанев, Стефан Вичев. Газотурбинные и парагазовые установки тепловых электростанций : учеб. пособие / Цанев Стефан Вичев, Буров Валерий Дмитриевич, Ремезов Александр Николаевич. - 2-е изд., стер. - Москва : МЭИ, 2006. - 584 с. : ил. - ISBN 5-903072-19-4 : 1580-00.
4. Тепловые электрические станции : учебник / Буров Валерий Дмитриевич [и др.]; под ред. В.М. Лавыгина, А.С. Седлова, С.В. Цанева. - 3-е изд., стер. - Москва : МЭИ, 2009. - 466 с. : ил. - ISBN 978-5-383-00404-3 : 880-00.
5. Волков, Эдуард Петрович. Энергетические установки электростанций : учебник / Волков Эдуард Петрович, Ведяев Владимир Андреевич, Обрезков Валентин Иванович. - Москва : Энергоатомиздат, 1983. - 280 с. : ил. - 1-10.
6. Липов, Юрий Михайлович. Котельные установки и парогенераторы : учебник / Липов Юрий Михайлович, Третьяков Юрий Михайлович. - 2-е изд., испр. - Москва ; Ижевск : Регулярная и хаотическая динамика, 2006. - 592с. - ISBN 5-93972-575-9 : 439-00.

5.1.2. Издания из ЭБС

5.2. Дополнительная литература

5.2.1. Печатные издания

1. Трухний, Алексей Данилович. Теплофикационные паровые турбины и турбоустановки : учеб. пособие / Трухний Алексей Данилович, Ломакин Борис Владимирович. - Москва : МЭИ, 2002. - 540 с. : ил. - ISBN 5-7046-0722-5 : 929-39.
2. Турбины тепловых и атомных электрических станций : учебник / Костюк Аскольд Глебович [и др.]; под ред. А.Г. Костюка, В.В. Фролова. - 2-е изд., перераб.и доп. - Москва : МЭИ, 2001. - 488с. : ил. - ISBN 5-7046-0844-2 : 1400-00.
3. Требунских, Сергей Анатольевич. Нетрадиционные и возобновляемые источники

энергии : учеб. пособие / Требунских Сергей Анатольевич, Иванов Сергей Анатольевич, Ахмылова Марина Александровна. - Чита : ЧитГУ, 2009. - 247 с. : ил. - ISBN 978-5-9293-0391-3 : б/ц.

4. Середкин, Александр Алексеевич. Тепломеханическое и вспомогательное оборудование электростанций : учеб. пособие / Середкин Александр Алексеевич, Стрельников Алексей Сергеевич. - Чита : ЗабГУ, 2013. - 121 с. - ISBN 978-5-9293-1020-1 : 92-00.

5.2.2. Издания из ЭБС

5.3. Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

1. ЭБС «Троицкий мост»; www.trmost.ru
2. ЭБС «Лань»; www.e.lanbook.ru
3. ЭБС «Юрайт»; www.biblio-online.ru
4. ЭБС «Консультант студента»; www.studentlibrary.ru
5. Сайт Министерства образования РФ <http://mon.gov.ru/structure/minister/>
6. Федеральный портал «Российское образование» <http://www.edu.ru>
7. Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» <http://window.edu.ru>
8. Электронно-библиотечная система elibrary <https://elibrary.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	

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: Кобылкин М.В., доцент кафедры.

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

Согласована с выпускающей кафедрой

Заведующий кафедрой

«_____» _____ 20__ г.