

ПЕРВОЕ ВЫСШЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УЧЕБНОЕ ЗАВЕДЕНИЕ РОССИИ

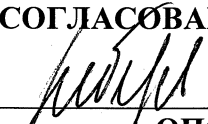


МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

СОГЛАСОВАНО


Руководитель ОПОП ВО
профессор В.А. Лебедев

УТВЕРЖДАЮ


Декан энергетического факультета
профессор В.А. Шпенст

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ И ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК И СИСТЕМ

Уровень высшего образования:	Подготовка кадров высшей квалификации
Направление подготовки:	13.06.01 Электро- и теплотехника
Направленность (профиль):	Промышленная теплоэнергетика
Форма обучения:	очная
Нормативный срок обучения:	4 года
Составитель:	к.т.н., профессор В. А. Лебедев

Санкт-Петербург

Рабочая программа дисциплины «Оптимизация параметров и технико-экономических показателей теплоэнергетических установок и систем» составлена:

- в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 13.06 01 Электро- и теплотехника (уровень подготовки кадров высшей квалификации), утв. приказом Минобрнауки России № 878 от 30 июля 2014 (ред. от 30.04.2015);

- на основании учебного плана направленности (профиля) «Промышленная теплоэнергетика» по направлению 13.06 01 Электро- и теплотехника.

Составитель:



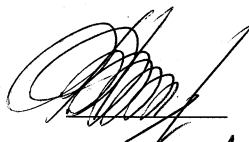
к.т.н., проф.

В.А. Лебедев

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры теплотехники и теплоэнергетики от «30» августа 2021 г., протокол № 1

Рабочая программа согласована:

Декан факультета аспирантуры и докторантуры



к.т.н., доц.

В.В. Васильев

Заведующий кафедрой теплотехники и теплоэнергетики



к.т.н., проф.

В.А. Лебедев

1. Цели и задачи дисциплины

Цель дисциплины:

- формирование у аспирантов современного научного мировоззрения и профессиональных компетенций (знаний и навыков) в области оптимизации параметров и технико-экономических показателей теплоэнергетических установок и систем.

Основными задачами изучения дисциплины являются:

- изучение аспирантами теоретических, методических и технологических достижений современной науки и практики в области тепловой энергетики;
- формирование у аспирантов умений и навыков самостоятельной научно-исследовательской и научно-педагогической деятельности в области промышленной теплоэнергетики;
- овладение аспирантами современными научными инструментами и методами и применение их при оптимизации параметров и технико-экономических показателей теплоэнергетических установок и систем;
- мотивация аспирантов к самостоятельному повышению уровня профессиональных навыков в области тепловой энергетики.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина входит в состав дисциплин вариативной части Блока 1 «Дисциплины (модули)», основной профессиональной образовательной программы высшего образования - программы подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре (ОПОП ВО аспирантуры) по направлению подготовки 13.06.01 Электро- и теплотехника (уровень подготовки кадров высшей квалификации) направленности (профиля) «Промышленная теплоэнергетика».

3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины обучающимися направлен на формирование следующих профессиональных компетенций:

- способность к анализу и систематизации научно-технической информации, обоснованию технических и технологических критериев оценки принимаемых решений в области проектирования, создания и эксплуатации теплоэнергетических установок и систем (ПК-2);

- способность к оптимизации параметров тепловых технологических процессов и экономии энергетических ресурсов и улучшения качества продукции в технологических процессах (ПК-3);

В результате изучения дисциплины обучающийся должен демонстрировать способность и готовность:

в научно-исследовательской деятельности:

- разработка программ проведения научных исследований и технических разработок, подготовка заданий для проведения исследовательских и научных работ;
- сбор, обработки, анализ и систематизация научно-технической информации по теме исследования, выбор и обоснование методик и средств решения поставленных задач;
- разработка методик и организация проведения экспериментов и испытаний, анализ их результатов;
- подготовка научно-технических отчетов, обзоров, публикаций по результатам выполненных исследований;
- участие в конференциях, симпозиумах, школах, семинарах и т.д.;
- разработка физических и математических моделей исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере, а также оптимизация параметров тепловых технологических процессов для экономии энергетических ресурсов и улучшения качества продукции в технологических процессах;
- защита объектов интеллектуальной собственности, управление результатами научно-исследовательской деятельности;

в преподавательской деятельности по образовательным программам высшего образования.

3.1. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы

№ п/п	Индекс компетенции	Содержание компетенции (или её части)	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны приобрести:	Этапы формирования*
1	ПК-2	Способность к анализу и систематизации научно-технической информации, обоснованию технических и технологических критериев оценки принимаемых решений в области проектирования, создания и эксплуатации теплоэнергетических установок и систем	<p>Выпускник знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> – методы и средства анализа и систематизации научно-технической информации; – теоретические аспекты обоснования технических и технологических критериев оценки при оптимизации принимаемых решений в области проектирования, создания и эксплуатации теплоэнергетических установок и систем. <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> – анализировать и систематизировать научно-техническую информацию; – обоснованно выбирать технические и технологические критерии оптимизации оценки принимаемых решений в области проектирования, создания и эксплуатации теплоэнергетических установок и систем. <p>Владеет навыками:</p> <ul style="list-style-type: none"> – анализа и систематизации научно-технической информации; – обоснования технических и технологических критериев оценки при оптимизации принимаемых решений в области проектирования, создания и эксплуатации теплоэнергетических установок и систем. 	В соответствии с учебным планом
2	ПК-3	Способность к оптимизации параметров тепловых технологических процессов и экономии энергетических ресурсов и улучшения качества продукции в технологических процессах	<p>Выпускник знает: теоретические основы оптимизации параметров тепловых технологических процессов и экономии энергетических ресурсов и улучшения качества продукции в технологических процессах.</p> <p>Умеет: использовать знания и опыт оптимизации параметров тепловых технологических процессов и экономии энергетических ресурсов и улучшения качества продукции в технологических процессах.</p> <p>Владеет навыками: оптимизации параметров тепловых технологических процессов и экономии энергетических ресурсов и улучшения качества продукции в технологических процессах</p>	В соответствии с учебным планом

*Основными этапами формирования компетенций обучающихся при освоении дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой разделов (тем) учебных занятий в течение учебного семестра (семестров).

3.2. Планируемые результаты обучения и критерии оценивания

В результате обучения по дисциплине обучающийся должен обрести знания, умения и навыки, указанные в разделе 3.1 настоящей программы.

Уровень освоения компетенций обучающимися на каждом этапе ее формирования определяется на основании результатов текущего контроля последовательного изучения содержательно связанных между собой разделов (тем) учебных занятий. Уровень освоения компетенций обучающимися по итогам изучения дисциплины определяется на основании результатов промежуточной аттестации. Критерии оценивания сформированности компетенций, применяемые в процессе освоения этапов дисциплины и по итогам ее изучения, приведены в разделе 6 настоящей программы.

4. Структура и содержание дисциплины

Дисциплина включает в себя 6 тем, содержание которых направлено на изучение вопросов оптимизации параметров и технико-экономических показателей теплоэнергетических установок и систем.

Общая трудоемкость учебной дисциплины составляет 144 часов, 4 зачётные единицы. Дисциплина изучается в 7 семестре по очной форме обучения. Форма контроля для очной формы обучения: дифференцированный зачет в 7 семестре.

4.1. Распределение трудоемкости освоения дисциплины по видам учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	семестр
		7
Общая трудоемкость дисциплины в часах	144	144
Аудиторные занятия (всего)	12	12
Лекции	6	6
Практические занятия	6	6
Самостоятельная работа (всего)	132	132
Вид аттестации	дифференцированный зачет	дифференцированный зачет

4.2. Темы учебной дисциплины и виды занятий

Тема № п/п	Наименование тем	Всего часов	Количество часов по видам занятий			
			Лекции	Практические занятия	Контроль	Самостоятельная работа
1	Основные требования к теплоэнергетическим установкам и системам	19	1	-	-	18
2	Основы технико-экономической оптимизации теплоэнергетических установок и систем	27	1	2	-	24

3	Выбор основного оборудования тепло-энергетических установок. Влияние энергетической эффективности на состав оборудования ТЭУ	21	1	-	-	20
4	Технико-экономическая оптимизация отдельных элементов тепловых схем и особенности проектирования в новых экономических условиях	31	1	2	-	28
5	Оптимизация начальных и конечных параметров циклов ТЭУ	27	1	2	-	24
6	Оптимизация систем регенеративного подогрева питательной воды ТЭЦ и АЭС	19	1	-	-	18
	Итого по дисциплине	144	6	6	-	132

4.3. Содержание учебной дисциплины

Тема 1. Основные требования к теплоэнергетическим установкам и системам

Введение. Цели и задачи курса. Связь с другими дисциплинами. Организация изучения. Структура курса, методы аттестации.

Основное назначение и характеристики теплоэнергетических установок. Требования по надежности, маневренности и экономичности к ТЭУ различного типа и назначения. Экономические характеристики режимов работы ТЭУ и их основного оборудования. Охрана окружающей среды, воздушного и водных бассейнов. Обеспечение санитарных требований и норм по выбросу веществ в атмосферу. Требования по безопасности. Особенности безопасности АЭС. Требования по ядерной и радиационной безопасности.

Самостоятельная работа.

Назначение вентиляционных и дезактивационных установок. Барьеры безопасности на АЭС. Радиоактивные отходы и проблемы обращения с облученным ядерным топливом.

Рекомендуемая литература:

основная: [1-2];

дополнительная: [1-3].

Тема 2. Основы технико-экономической оптимизации теплоэнергетических установок и систем

Критерии технико-экономической оптимизации. Условия технико-экономической сопоставимости вариантов проектирования ТЭУ. Замыкающие затраты на топливо и электроэнергию. Определение величины капитальных вложений в объекты теплоэнергетики. Особенности оптимизации характеристик и оборудования с учетом их унификации. Структура стоимости объектов теплоэнергетики и основные эксплуатационные расходы.

Самостоятельная работа.

Требования по унификации оборудования. Учет вопросов унификации при технико-экономическом обосновании характеристик оборудования.

Рекомендуемая литература:

основная: [1-2];

дополнительная: [1-3].

Тема 3. Выбор основного оборудования теплоэнергетических установок. Влияние энергетической эффективности на состав оборудования ТЭУ

Выбор единичных мощностей и основного оборудования энергоблоков. Определение ремонтного и аварийного резерва мощности. Энергетическая эффективность теплофикации и ее влияние на

состав оборудования. Определение коэффициента теплофикации ТЭЦ и его оптимизация. Особенности выбора основного оборудования ТЭУ и его влияние на эффективность. Техничко-экономические характеристики основного оборудования ТЭУ.

Самостоятельная работа.

Особенности применения газовых турбин в составе оборудования ТЭУ. Повышение эффективности ТЭУ с использованием парогазовых технологий.

Рекомендуемая литература:

основная: [1-2];

дополнительная: [1-3].

Тема 4. Техничко-экономическая оптимизация отдельных элементов тепловых схем и особенности проектирования в новых экономических условиях

Выбор типа и характеристик приводов питательных насосов. Определение оптимальных скоростей среды и расчет потерь давления в трубопроводах. Оптимизация систем промежуточного перегрева пара на ТЭС и АЭС. Методы расчета тепловых схем, оценка их экономических показателей и эффективности проектных решений. Особенности технико-экономического подхода к проектированию ТЭУ в условиях рыночных отношений. Основные критерии оценки эффективности инвестиционных проектов.

Самостоятельная работа.

Особенности выбора главных циркуляционных насосов и другого насосного оборудования на АЭС.

Рекомендуемая литература:

основная: [1-2];

дополнительная: [1-3].

Тема 5. Оптимизация начальных и конечных параметров циклов ТЭУ

Влияние начальных параметров цикла и промежуточного перегрева на технико-экономические характеристики ТЭУ. Влияние конечных параметров рабочего тела на экономичность турбинных установок. Оптимизация начальных и конечных параметров тепловых циклов. Выбор расчетного давления пара в конденсаторе. Оптимизация технико-экономических характеристик конденсационных установок турбин. Особенности выбора характеристик низкопотенциальной части теплофикационных турбоустановок и турбин АЭС.

Самостоятельная работа.

Техничко-экономические показатели систем технического водоснабжения ТЭС и АЭС. Влияние характеристик систем технического водоснабжения на эффективность ТЭУ

Рекомендуемая литература:

основная: [1-2];

дополнительная: [1-3].

Тема 6. Оптимизация систем регенеративного подогрева питательной воды ТЭЦ и АЭС

Влияние регенеративного подогрева питательной воды на тепловую экономичность ТЭУ. Влияние температуры питательной воды на эффективность и технико-экономические показатели ТЭУ. Выбор недогрева в поверхностных регенеративных подогревателях. Выбор числа регенеративных подогревателей и распределение подогрева воды между ними. Методы оптимизации параметров ТЭУ за счет регенеративного подогрева.

Самостоятельная работа.

Особенности регенеративного подогрева питательной воды в парогазовых установках. Влияние регенеративного подогрева питательной воды в ПГУ на их эффективность. Основы оптимизации параметров ПГУ.

Рекомендуемая литература:

основная: [1-2];

дополнительная: [1-3].

4.4. Практические (семинарские) занятия

№/№ п/п	Раздел	Тематика практических занятий	Трудоемкость в ак. часах
1	Раздел 2.	Решение оптимизационных задач по выбору характеристик энергооборудования	2
2	Раздел 4	Определение удельных расходов тепла по турбоустановке при изменении параметрических показателей схемы	2
3	Раздел 5	Расчет капитальных вложений в систему технического водоснабжения	2
Итого:			6

5. Образовательные технологии, используемые при изучении дисциплины

При изучении дисциплины «Оптимизация параметров и технико-экономических показателей теплоэнергетических установок и систем» обучающийся использует учебную, научную, исследовательскую базу университета в установленном порядке.

В ходе обучения применяются:

Лекции, которые являются одним из важнейших видов учебных занятий и составляют основу теоретической подготовки обучающихся.

Цели лекционных занятий:

- дать систематизированные научные знания по дисциплине, акцентировать внимание на наиболее сложных вопросах дисциплины;
- стимулировать активную познавательную деятельность обучающихся, способствовать формированию их творческого мышления.

Практические занятия.

Цели практических занятий:

-совершенствовать умения и навыки решения практических задач.

Главным содержанием этого вида учебных занятий является работа каждого обучающегося по овладению практическими умениями и навыками профессиональной деятельности.

Консультации (текущая консультация, накануне экзамена) является одной из форм руководства учебной работой аспирантов и оказания им помощи в самостоятельном изучении материала дисциплины, в ликвидации имеющихся пробелов в знаниях, задолженностей по текущим занятиям.

Текущие консультации проводятся преподавателем, ведущим занятия в учебной группе, и носят как индивидуальный, так и групповой характер.

Самостоятельная работа обучающихся направлена на углубление и закрепление знаний, полученных на лекциях, выработку навыков самостоятельного активного приобретения новых, дополнительных знаний, подготовку к предстоящим учебным занятиям и промежуточному контролю.

6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации и итогового контроля изучения дисциплины

6.1 Цель и основные задачи текущего контроля по дисциплине

Текущий контроль имеет целью проверить ход формирования компетенций в соответствии с этапами ее освоения. Текущий контроль осуществляется в ходе учебного процесса и консультирования обучающихся по результатам выполнения самостоятельной работы. Основными формами текущего контроля знаний являются:

- обсуждение на консультациях вопросов тем и контрольных вопросов (устный ответ);
- участие в дискуссии по наиболее актуальным темам дисциплины (устный ответ);
- подготовка докладов;
- выполнение тестовых заданий.

6.2 Критерии оценивания результатов текущего контроля

Критерии оценивания устных ответов обучающихся

Развернутый ответ аспиранта должен представлять собой связное, логически последовательное

сообщение на определенную тему, показывать его умение применять определения, правила в конкретных случаях.

При оценке ответа аспиранта необходимо руководствоваться следующими критериями:

- 1) полнота и правильность ответа;
- 2) степень осознанности, понимания изучаемого материала;
- 3) знание терминологии и правильное ее использование;
- 4) соответствие требованиям рабочей программы по дисциплине.

Оценка «зачтено» ставится, если студент:

- 1) ориентируется в излагаемом материале, владеет базовой терминологией в объеме, предусмотренном рабочей программой по дисциплине;
- 2) обнаруживает понимание материала, может обосновать свои суждения, подкрепляет теоретические положения примерами;
- 3) умеет структурировать содержание ответа в соответствии с поставленным вопросом;
- 4) не допускает (или допускает немногочисленные негрубые) ошибки при анализе языковых фактов; способен исправить допущенные им ошибки при помощи уточняющих вопросов преподавателя.

Оценка «отлично» / «зачтено». Ответы на поставленные вопросы излагаются логично, последовательно и не требуют дополнительных пояснений. Полно раскрываются причинно-следственные связи между явлениями и событиями. Делаются обоснованные выводы. Соблюдаются нормы литературной речи.

Оценка «хорошо» / «зачтено». Ответы на поставленные вопросы излагаются систематизированно и последовательно. Материал излагается уверенно. Раскрыты причинно-следственные связи между явлениями и событиями. Демонстрируется умение анализировать материал, однако не все выводы носят аргументированный и доказательный характер. Соблюдаются нормы литературной речи.

Оценка «удовлетворительно» / «зачтено». Допускаются нарушения в последовательности изложения. Неполно раскрываются причинно-следственные связи между явлениями и событиями. Демонстрируются поверхностные знания вопроса, с трудом решаются конкретные задачи. Имеются затруднения с выводами. Допускаются нарушения норм литературной речи.

Оценка «неудовлетворительно» / «не зачтено». Материал излагается непоследовательно, сбивчиво, не представляет определенной системы знаний по дисциплине. Не раскрываются причинно-следственные связи между явлениями и событиями. Не проводится анализ. Выводы отсутствуют. Ответы на дополнительные вопросы отсутствуют. Имеются заметные нарушения норм литературной речи.

6.3 Критерии формирования оценок по подготовке докладов

«Отлично» (5 баллов) – аспирант показывает глубокие знания материала по поставленным вопросам, грамотно, логично его излагает, структурировал и детализировал информацию, информация представлена в переработанном виде; использует иллюстративный (наглядный) материал, мультимедийную презентацию, демонстрирует мастерство публичного выступления.

«Хорошо» (4 балла) – обучающийся твердо знает материал, грамотно его излагает, не допускает существенных неточностей в ответ на вопросы, представляет наглядный материал, помогающий слушателям запомнить основные пункты выступления.

«Удовлетворительно» (3 балла) – обучающийся имеет знания основного материала по поставленным вопросам, но не усвоил его деталей, допускает отдельные неточности.

«Неудовлетворительно» (0 баллов) – обучающийся допускает грубые ошибки в ответе на поставленные вопросы, демонстрирует отсутствие необходимой информации в презентации.

6.4 Критерии формирования оценок по выполнению тестовых заданий

«Отлично» – получают аспиранты, имеющие результат: количество правильных ответов на тестовые вопросы – 100 – 90% от общего объема заданных тестовых вопросов.

«Хорошо» – получают аспиранты, имеющие результат: количество правильных ответов на тестовые вопросы – 89 – 76% от общего объема заданных тестовых вопросов.

«Удовлетворительно» – получают аспиранты, имеющие результат: количество правильных ответов на тестовые вопросы –75 –60% от общего объема заданных тестовых вопросов.

«Неудовлетворительно» – получают аспиранты, имеющие результат: количество правильных ответов – менее 60% от общего объема заданных тестовых вопросов.

6.5 Цель и основные задачи дифференцированного зачета по дисциплине

Дифференцированный зачет по дисциплине «Оптимизация параметров и технико-экономических показателей теплоэнергетических установок и систем» имеет целью проверить теоретические знания аспирантов, а также их навыки и умение применять полученные знания. На дифференцированном зачете аспирант должен показать глубокое и всестороннее знание программного материала, рекомендованной литературы, умение аргументированно и логично изложить содержание поставленных проблем.

Индекс контролируемых компетенций — ПК-2, ПК-3.

Оценки по результатам дифференцированного зачета выставляются преподавателем, ведущим дисциплину, объявляются обучающимся и заносятся в зачетную ведомость.

6.6 Методика и порядок проведения дифференцированного зачета

Сдача дифференцированного зачета осуществляется по билетам.

Вопросы в билете выбираются из списка 25 теоретических вопросов по дисциплине. Билет содержит два вопроса.

6.7 Критерии и процедура оценивания результатов дифференцированного зачета

Знания, умения и навыки обучающихся необходимо определяются следующими оценками: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Оценки за ответы на вопросы выставляются, исходя из следующих критериев:

— **«отлично» (5)**: если обучающийся глубоко и прочно усвоил весь программный материал, исчерпывающе, последовательно, грамотно и логически стройно его излагает, не затрудняется с ответом при видоизменении вопроса, свободно справляется с задачами и практическими заданиями, правильно обосновывает принятые решения, умеет самостоятельно обобщать и излагать материал, не допуская ошибок;

— **«хорошо» (4)**: если обучающийся твердо знает программный материал, грамотно и по существу излагает его, не допускает существенных неточностей в ответе на вопрос, может правильно применять теоретические положения и владеет необходимыми умениями и навыками при ответе на дополнительные вопросы:

а) обучающийся ответил правильно, но при этом допустил незначительные неточности в формулировании определений, принципов работ или ошибки при ответах на вопросы (ошибки оценки промежуточных результатов, неполноты сделанных выводов);

б) обучающийся правильно ответил (смотри оценка «отлично») и допустил значительные погрешности.

— **«удовлетворительно» (3)**: если обучающийся усвоил только основной материал, но не знает отдельных деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушает последовательность в изложении программного материала и испытывает затруднения при ответах на вопросы;

— **«неудовлетворительно» (2)**: если обучающийся не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, с большими затруднениями отвечает или по существу не отвечает на дополнительные вопросы.

6.8 Примерный перечень вопросов для дифференцированного зачета

1. Основные требования, предъявляемые к ТЭУ.
2. Показатели режимов электрического и теплового потребления для ТЭЦ.
3. Основные показатели надежности работы теплосилового оборудования.
4. Основные требования, предъявляемые к площадкам, отведенным для строительства электростанций.
5. Способы снижения окислов серы и азота в уходящих газах.
6. Основные санитарные нормы по выбросам вредных веществ в атмосферу.
7. Критерии технико-экономической оптимизации.
8. Условия технико-экономической сопоставимости сравниваемых вариантов.
9. Влияние режимных факторов (нагрузка, число часов использования установленной мощности) на технико-экономические показатели работы электростанций.
10. Замыкающие затраты на топливо и электроэнергию.
11. Факторы, повышающие эффективность капитальных вложений в энергетику.
12. Структура капиталовложений в блочную электростанцию.
13. Учет требований унификации оборудования при решении оптимизационных задач.
14. Методы решения оптимизационных задач при выборе параметров энергоустановки.
15. Факторы, влияющие на выбор единичной мощности энергоблока и электростанции в целом.
16. Коэффициент теплофикации и его влияние на соотношение тепловых и электрических мощностей ТЭЦ.
17. Факторы, влияющие на величину требуемого аварийного резерва мощности энергосистемы.
18. Особенности выбора основного оборудования для ТЭЦ.
19. Основные принципы выбора мощности и числа котельных и турбинных агрегатов на тепловых электростанциях.
20. Влияние газовых турбин и парогазовых циклов на эффективность ТЭЦ.
21. Влияние на экономичность ТЭС повышение начального давления и температуры пара.
22. Влияние промежуточного перегрева пара на экономичность ТЭС и АЭС.
23. Факторы, влияющие на выбор оптимального вакуума и характеристики оборудования низкопотенциальной части энергоблока.
24. Основные составляющие затрат на сооружение системы технического водоснабжения.
25. Влияние изменения начального давления и температуры пара на внутренний относительный КПД турбоустановки.
26. Тепловая эффективность газовой ступени ПГУ.
27. Выбор оптимального значения температуры питательной воды.
28. Выбор значений недогрева воды в поверхностных регенеративных подогревателях.
29. Влияние значения недогрева питательной воды на стоимость подогревателя.
30. Влияние регенеративного подогрева питательной воды влияет на тепловую экономичность цикла и на стоимостные характеристики комплектующего оборудования энергоблока.
31. Особенности совместной оптимизации температуры питательной воды и температуры уходящих газов.
32. Влияние цены топлива на оптимальную температуру питательной воды.
33. Ограничения, накладываемые качеством топлива на температуру уходящих газов.
34. Особенности оптимизации систем регенеративного подогрева для циклов с промежуточным перегревом пара.
35. Эффективность применения турбинного привода для питательного насоса.
36. Оптимизация скорости воды в трубопроводах и ориентирующие значения скоростей для различных стационарных трубопроводов.
37. Условия оптимальности внутреннего диаметра трубопровода и факторы, влияющие на его величину.
38. Методы анализа тепловых схем и оценка их экономичности при изменении структуры и параметров.
39. Основные технико-экономических показателей электростанций и способы их определения.

40. Влияние кредитной ставки (ставка рефинансирования ЦБ) на величину предельно допустимых капиталовложений и соответственно реализуемость проектных решений в энергетике.
41. Чистый дисконтированный доход и внутренняя норма доходности в теплоэнергетике.

Примеры билетов для экзамена

Билет 1.

1. Показатели режимов электрического и теплового потребления для ТЭЦ.
2. Влияние кредитной ставки (ставка рефинансирования ЦБ) на величину предельно допустимых капиталовложений и соответственно реализуемость проектных решений в энергетике.

Билет 2.

1. Основные санитарные нормы по выбросам вредных веществ в атмосферу.
2. Методы анализа тепловых схем и оценка их экономичности при изменении структуры и параметров.

Билет 3.

1. Условия технико-экономической сопоставимости сравниваемых вариантов.
2. Оптимизация скорости воды в трубопроводах и ориентировочные значения скоростей для различных стационарных трубопроводов.

Билет 4.

1. Замыкающие затраты на топливо и электроэнергию.
2. Особенности оптимизации систем регенеративного подогрева для циклов с промежуточным перегревом пара.

Билет 5.

1. Структура капиталовложений в блочную электростанцию.
2. Оптимизация комбинирования регенеративного, внешнего технологического и внешнего энергетического теплоиспользования.

Билет 6.

1. Влияние цены топлива на оптимальную температуру питательной воды
2. Принципы построения энергосберегающих тепловых схем.

Билет 7.

1. Коэффициент теплофикации и его влияние на соотношение тепловых и электрических мощностей ТЭЦ.
2. Влияние регенеративного подогрева питательной воды влияет на тепловую экономичность цикла и на стоимостные характеристики комплектующего оборудования энергоблока.

Билет 8.

1. Особенности выбора основного оборудования для ТЭЦ.
2. Выбор оптимального значения температуры питательной воды.

Билет 9.

1. Влияние на экономичность ТЭС повышение начального давления и температуры пара.
2. Влияние изменения начального давления и температуры пара на внутренний относительный КПД турбоустановки.

Билет 10.

1. Влияние значения недогрева питательной воды на стоимость подогревателя.
2. Факторы, влияющие на выбор единичной мощности энергоблока и электростанции в целом.

7. Перечень учебной литературы и ресурсов сети «Интернет»

7.1. Обеспеченность литературой

Основная:

1. Тарасик, В.П. Математическое моделирование технических систем: учебник/В.П. Тарасик - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2018. - 592 с.

<http://znanium.com/bookread2.php?book=549747>

2. Безруков, А.И. Математическое и имитационное моделирование : учеб. пособие / А.И. Безруков, О.Н. Алексенцева. — М. : ИНФРА-М, 2018. — 227 с.

<http://znanium.com/bookread2.php?book=811122>

3. Ляшков, В.И. Математическое моделирование и алгоритмизация задач теплоэнергетики: учебное пособие / В.И. Ляшков ; - Тамбов : Издательство ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2012. - 139 с.
<http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=277818>

Дополнительная:

1. Алгоритмизация и программирование : Учебное пособие / С.А. Канцедал. - М.: ИД ФОРУМ: НИЦ ИНФРА-М, 2018. - 352 с.— Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=938923>
2. Математическое моделирование в теплоэнергетике [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В. А. Лебедев, Е. А. Головач. - СПб. : Горн. ун-т, 2013. - 100 с.
http://irbis.spmi.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=400&task=set_static_req&bns_string=NWPiB,ELC,ZAPIS&req_irb=<.>I=%2D672786<.>
3. Лукин, С. Физическое моделирование процессов передачи теплоты : учебное пособие / С. Лукин ; Череповецкий государственный университет ; науч. ред. Р.А. Юдин. - Череповец : Издательство ЧГУ, 2016. - 112 с.
<http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=434810>

7.2. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы аспиранта

1. Оптимизация параметров и технико-экономических показателей теплоэнергетических установок и систем: методические указания к практическим занятиям для аспирантов направления 13.06.01, направленности «Промышленная теплоэнергетика [электронный ресурс], СПГУ, 2018 г.
2. Оптимизация параметров и технико-экономических показателей теплоэнергетических установок и систем: методические указания для самостоятельной работы для аспирантов направления 13.06.01, направленности «Промышленная теплоэнергетика [электронный ресурс], СПГУ, 2018 г.

7.3. Ресурсы сети «Интернет»

1. Информационная справочная система «Консультант плюс».
2. Библиотека ГОСТов www.gostrf.com.
3. Сайт Российской государственной библиотеки. <http://www.rsl.ru/>
4. Сайт Государственной публичной научно-технической библиотеки России.
<http://www.gpntb.ru/>
5. Каталог образовательных интернет ресурсов <http://www.edu.ru/modules.php>
6. Электронные библиотеки: <http://www.pravoteka.ru/>, <http://www.zodchii.ws/>,
<http://www.tehlit.ru/>.
7. Специализированный портал по информационно-коммуникационным технологиям в образовании <http://www.ict.edu.ru>
8. Европейская цифровая библиотека Europeana: <http://www.europeana.eu/portal>
9. Мировая цифровая библиотека: <http://wdl.org/ru>
10. Научная электронная библиотека ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com>
11. Поисковые системы Yandex, Rambler, Yahoo и др.
12. Система ГАРАНТ: электронный периодический справочник [Электронный ресурс] www.garant.ru/.

7.4 Электронно-библиотечные системы:

- ЭБС издательства «Лань» <https://e.lanbook.com/>
- ЭБС издательства «Юрайт» <https://biblio-online.ru/>
- ЭБС «Университетская библиотека онлайн» <https://biblioclub.ru/>
- ЭБС «ZnaniUM.COM» <https://znanium.com>
- ЭБС «IPRbooks» <https://iprbookshop.ru>
- ЭБС «Elibrary» <https://elibrary.ru>
- Автоматизированная информационно-библиотечная система «Mark -SQL»
<https://informsystema.ru>

-Система автоматизации библиотек «ИРБИС 64» <https://elnit.org>

7.5 Современные профессиональные базы данных:

-Электронная база данных Scopus <https://scopus.com>

-«Clarivate Analytics» <https://Clarivate.com>

-«Springer Nature» <http://100k20.ru/products/journals/>

7.6 Информационные справочные системы:

1.Справочно-правовая информационная система Консультант Плюс <http://www.consultant.ru/>.

2. Электронно-периодический справочник «Система Гарант» <http://www.garant.ru/>.

3.ООО «Современные медиа технологии в образовании и культуре». <http://www.informio.ru/>.

8. Материально-техническое обеспечение

Перечень материально-технического обеспечения включает в себя технические средства обучения, служащие для представления информации (мультимедийные доски, проекторы, и т.д.). Имеются специальные помещения для проведения занятий лекционного типа, практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы и помещения для хранения и профилактического обслуживания оборудования, которые укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления информации большой аудитории.

8.1.Специальные помещения для проведения занятий лекционного типа, практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации

Аудитория 1244 для проведения лекционных занятий. Адрес - Санкт-Петербург, Средний проспект В.О., д.82, литера А. Учебный центр №2.

Оснащенность аудитории: мультимедийный проектор – 1 шт.; столы – 45 шт.; стулья – 92 шт.; АРМ преподавателя ПК (системный блок, монитор) – 2 шт. (доступ к сети «Интернет»); лабораторное оборудование – 6 шт.

Аудитория 1232 для проведения практических занятий. Адрес - Санкт-Петербург, Средний проспект В.О., д.82, литера А. Учебный центр №2.

Оснащенность аудитории: комплект мультимедийной аудитории Тип 2 (доступ к сети «Интернет») – 1шт; столы компьютерные – 16 шт., стол – 2 шт.; стул – 28 шт.; компьютер для студентов - 18 шт. (возможность подключения к сети «Интернет»), принтер – 1 шт.

В аудиториях используется лицензионное программное обеспечение:

- Microsoft Windows XP Professional: Microsoft Open License 16020041 от 23.01.2003; Microsoft Open License 16581753 от 03.07.2003; Microsoft Open License 16396212 от 15.05.2003; Microsoft Open License 16735777 от 22.08.2003; ГК № 797-09/09 от 14.09.09 "На поставку компьютерного оборудования"; ГК № 1200-12/09 от 10.12.09 "На поставку компьютерного оборудования"; ГК № 1246-12/08 от 18.12.08 "На поставку компьютерного оборудования и программного обеспечения"; ГК № 1196-12/08 от 02.12.2008 "На поставку программного обеспечения" Microsoft Open License 45369730 от 16.04.2009;
 - Microsoft Office 2007: Microsoft Open License 42620959 от 20.08.2007 (обслуживание до 2020 года);
 - MapInfo Professional: ГК №1142912/09 от 04.12.2009 "На поставку программного обеспечения" (обслуживание до 2020 года);
- Autodesk: product: Building Design Suite Ultimate 2016, product Key: 766H1

8.2. Помещения для самостоятельной работы

1. Оснащенность помещения для самостоятельной работы: 13 посадочных мест. Стул – 25 шт., стол – 2 шт., стол компьютерный – 13 шт., шкаф – 2 шт., доска аудиторная маркерная – 1 шт., АРМ учебное ПК (монитор + системный блок) – 14 шт. Доступ к сети «Интернет», в электронную информационно-образовательную среду Университета.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional:ГК № 1464-12/10 от 15.12.10 «На поставку компьютерного оборудования» ГК № 959-09/10 от 22.09.10 «На поставку компьютерной техники» (обслуживание до 2020 года) ГК № 447-06/11 от 06.06.11 «На поставку оборудования» (обслуживание до 2020 года) ГК № 984-12/11 от 14.12.11 «На поставку оборудования" (обслуживание до 2020 года) Договор № 1105-12/11 от 28.12.2011 «На поставку компьютерного оборудования» (обслуживание до 2020 года), Договор № 1106-12/11 от 28.12.2011 «На поставку компьютерного оборудования» (обслуживание до 2020 года) ГК № 671-08/12 от 20.08.2012 «На поставку продукции» (обслуживание до 2020 года), Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012, Microsoft Open License 48358058 от 11.04.2011, Microsoft Open License 49487710 от 20.12.2011, Microsoft Open License 49379550 от 29.11.2011 (обслуживание до 2020 года),

Microsoft Office 2010 Standard: Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012 (обслуживание до 2020 года), Microsoft Open License 60853086 от 31.08.2012 (обслуживание до 2020 года)

Kaspersky antivirus 6.0.4.142

2. Оснащенность помещения для самостоятельной работы: 17 посадочных мест. Доска для письма маркером – 1 шт., рабочие места студентов, оборудованные ПК с доступом в сеть университета – 17 шт., мультимедийный проектор – 1 шт., АРМ преподавателя для работы с мультимедиа – 1 шт. (системный блок, мониторы – 2 шт.), стол – 18 шт., стул – 18 шт. Доступ к сети «Интернет», в электронную информационно-образовательную среду Университета.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Операционная система Microsoft Windows XP Professional: Microsoft Open License 16020041 от 23.01.200.

Операционная система Microsoft Windows 7 Professional Microsoft Open License 49379550 от 29.11.2011 (обслуживание до 2020 года).

Microsoft Office 2007 Standard Microsoft Open License 42620959 от 20.08.2007 (обслуживание до 2020 года)

3. Оснащенность помещения для самостоятельной работы: 16 посадочных мест. Стол компьютерный для студентов (тип 4) - 3 шт., стол компьютерный для студентов (тип 6) – 2 шт., стол компьютерный для студентов (тип 7) – 1 шт., кресло преподавателя (сетка, цвет черный) – 17 шт., доска напольная мобильная белая магнитно-маркерная «Magnetoplan» 1800мм×1200мм - 1 шт., моноблок Lenovo M93Z Intel Q87 – 17 шт., плакат – 5 шт. Доступ к сети «Интернет», в электронную информационно-образовательную среду Университета.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional: Microsoft Open License 49379550 от 29.11.2011 (обслуживание до 2020 года).

Microsoft Office 2007 Professional Plus: Microsoft Open License 46431107 от 22.01.2010 (обслуживание до 2020 года).

CorelDRAW Graphics Suite X5 Договор №559-06/10 от 15.06.2010 «На поставку программного обеспечения» (обслуживание до 2020 года)

Autodesk product: Building Design Suite Ultimate 2016, product Key: 766H1

Cisco Packet Tracer 7.1 (свободно распространяемое ПО), Quantum GIS (свободно распространяемое ПО), Python (свободно распространяемое ПО), R (свободно распространяемое ПО), Rstudio (свободно распространяемое ПО), SMath Studio (свободно распространяемое ПО), GNU Octave (свободно распространяемое ПО), Scilab (свободно распространяемое ПО)

8.3. Помещения для хранения и профилактического обслуживания оборудования

1. Центр новых информационных технологий и средств обучения:

Оснащенность: персональный компьютер – 2 шт. (доступ к сети «Интернет»), монитор – 4 шт., сетевой накопитель – 1 шт., источник бесперебойного питания – 2 шт., телевизор плазменный Panasonic – 1 шт., точка Wi-Fi – 1 шт., паяльная станция – 2 шт., дрель – 5 шт., перфоратор – 3 шт., набор инструмента – 4 шт., тестер компьютерной сети – 3 шт., баллон со сжатым газом – 1 шт., паста

теплопроводная – 1 шт., пылесос – 1 шт., радиостанция – 2 шт., стол – 4 шт., тумба на колесиках – 1 шт., подставка на колесиках – 1 шт., шкаф – 5 шт., кресло – 2 шт., лестница Alve – 1 шт.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional (Лицензионное соглашение Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012)

Microsoft Office 2010 Professional Plus (Лицензионное соглашение Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012)

Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security (Договор № Д810(223)-12/17 от 11.12.17)

2. Центр новых информационных технологий и средств обучения:

Оснащенность: стол – 5 шт., стул – 2 шт., кресло – 2 шт., шкаф – 2 шт., персональный компьютер – 2 шт. (доступ к сети «Интернет»), монитор – 2 шт., МФУ – 1 шт., тестер компьютерной сети – 1 шт., балон со сжатым газом – 1 шт., шуруповерт – 1 шт.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional (Лицензионное соглашение Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012)

Microsoft Office 2007 Professional Plus (Лицензионное соглашение Microsoft Open License 46431107 от 22.01.2010)

Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security (Договор № Д810(223)-12/17 от 11.12.17)

3. Центр новых информационных технологий и средств обучения:

Оснащенность: стол – 2 шт., стуля – 4 шт., кресло – 1 шт., шкаф – 2 шт., персональный компьютер – 1 шт. (доступ к сети «Интернет»), веб-камера Logitech HD C510 – 1 шт., колонки Logitech – 1 шт., тестер компьютерной сети – 1 шт., дрель – 1 шт., телефон – 1 шт., набор ручных инструментов – 1 шт.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional (Лицензионное соглашение Microsoft Open License 48358058 от 11.04.2011)

Microsoft Office 2007 Professional Plus (Лицензионное соглашение Microsoft Open License 46431107 от 22.01.2010)

Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security (Договор № Д810(223)-12/17 от 11.12.17)

8.4. Библиотека Университета

Месторасположение	Оснащенность	Автоматизированная информационно-библиотечная система (АИБС)
Санкт-Петербург, 21-я линия В.О., д.2, Учебный центр №1, Ауд. № 1165 Читальный зал	Аппарат Xerox W.Centre 5230- 1 шт; Сканер K.Filem - 1 шт; Копир. Аппарат -1 шт; Кресло – 521AF-1 шт; Монитор ЖК HP22-1 шт; Монитор ЖК S.17-11 шт; Принтер HP L/Jet-1 шт; Системный блок HP6000 Pro-1 шт; Системный блок Ramec S. E4300-10 шт; Сканер Epson V350-5 шт; Сканер Epson 3490-5 шт; Стол 160*80*72-1 шт; Стул 525 ВFN030-12 шт; Шкаф каталожн. -20 шт; Стул «Кодоба» -22 шт; Стол 80*55*72-10 шт	MARK-SQL, Ирбис
Санкт-Петербург, 21-я линия В.О., д.2, Учебный центр №1, Ауд. № 1171 Читальный зал	Книжный шкаф 1000*3300*400-17 шт; Стол, 400*180 Титаник «Рисо» - 1 шт; Стол письменный с тумбой - 37 шт; Кресло «Cannes» черное-42 шт; Кресло (кремовое) -37 шт; Те-	

	<p>левизор 3DTV Samsung UE85S9AT-1 шт; Монитор Benq 24-18 шт; Цифровой ИК-трансивер TAIDEN - 1 шт; Пульт для презентаций R700-1 шт; Моноблок Lenovo 20 HD 19 шт; Сканер Xerox 7600- 4шт;</p>	
<p>Санкт-Петербург, В.О., Малый пр., д.83, Инженерный корпус Ауд. № 327-329 Читальные залы</p>	<p>Компьют. Кресло 7875 A2S – 35 шт; Стол компьютер. – 11 шт; Моноблок Lenovo 20 HD 16 шт; Доска настенная белая -- 1 шт; Монитор ЖК Philips - 1 шт; Монитор HP L1530 15ftt - 1 шт; Сканер Epson Perf.3490 Photo - 2 шт; Системный блок HP6000 – 2 шт; Стеллаж открытый- 18 шт; Микрофон Д-880 с 071с.ч.- - 2 шт; Книжный шкаф - 15 шт; Парта- 36 шт; Стул- 40 шт</p>	

8.5. Лицензионное программное обеспечение

1. Microsoft Windows XP Professional: Microsoft Open License 16020041 от 23.01.2003; Microsoft Open License 16581753 от 03.07.2003; Microsoft Open License 16396212 от 15.05.2003; Microsoft Open License 16735777 от 22.08.2003; ГК № 797-09/09 от 14.09.09 "На поставку компьютерного оборудования"; ГК № 1200-12/09 от 10.12.09 "На поставку компьютерного оборудования"; ГК № 1246-12/08 от 18.12.08 "На поставку компьютерного оборудования и программного обеспечения"; ГК № 1196-12/08 от 02.12.2008 "На поставку программного обеспечения" Microsoft Open License 45369730 от 16.04.2009;
2. Microsoft Office 2007: Microsoft Open License 42620959 от 20.08.2007 (обслуживание до 2020 года);
3. MapInfo Professional: ГК №1142912/09 от 04.12.2009 "На поставку программного обеспечения" (обслуживание до 2020 года);
4. Autodesk: product: Building Design Suite Ultimate 2016, product Key: 766H1

ЛИСТ АКТУАЛИЗАЦИИ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ

Рабочая программа дисциплины «Оптимизация параметров и технико-экономических показателей теплоэнергетических установок и систем» рассмотрена и актуализирована на заседании кафедры теплотехники и теплоэнергетики

№ п/п	№ протокола заседания кафедры	Дата протокола кафедры	Основание
1	1	«31» 08.2022	Договор с Электронно-библиотечной системой «Лань» № Д063(44)-04/22 от 28.04.2022