



Федеральное агентство по рыболовству  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Калининградский государственный технический университет»  
(ФГБОУ ВО «КГТУ»)

Начальник УРОПСИ  
В.А. Мельникова

Рабочая программа дисциплины  
**МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ГЕНЕРАЦИИ ПАРА В**  
**ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВКАХ**

основной профессиональной образовательной программы магистратуры  
по направлению подготовки  
**13.04.01 ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА**

ИНСТИТУТ  
ВЫПУСКАЮЩАЯ КАФЕДРА  
РАЗРАБОТЧИК

ИМТЭС  
кафедра энергетики  
УРОПСИ

## **1 ЦЕЛЬ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

1.1 Целью освоения дисциплины «Методы исследования процессов генерации пара в теплоэнергетических установках» является формирование у студентов знаний о процессах гидродинамики и теплообмена в парогенерирующих трактах, имеющих место в теплоэнергетическом оборудовании, позволяющих определить размеры оборудования, повысить надёжность его работы и качество вырабатываемого пара; о методах измерений специфичных для исследований процессов генерации пара и приёмах исследования отдельных процессов в экспериментальных установках.

1.2 Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и ОПОП ВО по данному направлению подготовки.

Таблица 1 – Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с установленными индикаторами достижения компетенций

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции	Дисциплина	Результаты обучения (владения, умения и знания), соотнесенные с компетенциями/индикаторами достижения компетенции
<p>ПК-4: Способен использовать современные достижения науки и передовой технологии в научно-исследовательских работах, планировать и ставить задачи исследования, выбирать методы экспериментальной работы, интерпретировать и представлять результаты научных исследований, давать практические рекомендации по их внедрению в производство</p>	<p>ПК-4.2: Обосновывает выбор методов исследования процессов генерации пара в теплоэнергетических установках с использованием современных достижений науки и технологий с представлением результатов, рекомендуемых к практическому внедрению на производстве.</p>	<p>Методы исследования процессов генерации пара в теплоэнергетических установках</p>	<p><u>Знать:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- теоретические и экспериментальные методы исследований процессов генерации пара, применяемые измерительно-диагностическую аппаратуру и исследовательские экспериментальные установки;</li> <li>- пути интенсификации теплообмена при кипении воды в парогенерирующих трубах паровых котлов, испарителей и дистилляционных опреснительных установках;</li> <li>- способы повышения надёжности естественной и принудительной циркуляции;</li> <li>- современные способы борьбы с отложениями на обогреваемых и необогреваемых поверхностях котлов и испарительных установок;</li> <li>- методику расчета капельного уноса и паросепарационных устройств при проектировании парогенерирующего оборудования теплоэнергетики.</li> </ul> <p><u>Уметь:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- анализировать существующие методы исследований процессов генерации пара, выявлять их недостатки и разрабатывать новые;</li> <li>- проектировать экспериментальные установки для изучения процессов генерации пара;</li> <li>- анализировать влияние конструктивных и режимных параметров парогенерирующего оборудования, их технического состояния и параметров окружающей среды на экономичность и надежность их работы;</li> <li>- определять полезный и движущий напоры циркуляции, рассчитывать производительность и гидравлические ха-</li> </ul>

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции	Дисциплина	Результаты обучения (владения, умения и знания), соответствующие с компетенциями/индикаторами достижения компетенции
			<p>характеристики циркуляционных контуров паровых котлов;</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- производить измерения влажности пара в парогенераторах, испарителях и камерах испарения опреснительных установок и определять эффективность их паросепарационных устройств;</li></ul> <p><u>Владеть:</u></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- теоретическими и экспериментальными методами исследований процессов генерации пара, методами разработки новых исследовательских установок;</li><li>- методиками расчета основных характеристик гидродинамики водяного объема при барботаже пара и определения эффективности паросепарационных устройств парогенерирующего оборудования теплоэнергетики;</li><li>- техникой отбора и хранения представительных проб пара, дистиллята, конденсата и воды, методикой определения действительного уровня.</li></ul>

## 2 ТРУДОЁМКОСТЬ ОСВОЕНИЯ, СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ, ФОРМЫ АТТЕСТАЦИИ ПО НЕЙ

Дисциплина «Методы исследования процессов генерации пара в теплоэнергетических установках» относится к блоку 1 в части, формируемой участниками образовательных отношений.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единицы (з.е.), т.е. 144 академических часа (108 астр. часа) контактной и самостоятельной учебной работы студента; работой, связанной с текущей и промежуточной (заключительной) аттестацией по дисциплине.

Распределение трудоемкости освоения дисциплины по семестрам, видам учебной работы студента, а также формы контроля приведены ниже.

Таблица 2 - Объем (трудоемкость освоения) в заочной форме обучения и структура дисциплины

Наименование	Семестр	Форма контроля	з.е.	Акад. часов	Контактная работа						СРС	Подготовка и аттестация в период сессии
					УЗ	Лек	Лаб	Пр	РЭ	КА		
Методы исследования процессов генерации пара в теплоэнергетических установках	3	РГР Э	4	144	2	8		8	4	3,25	112	6,75
<b>Итого по дисциплине:</b>			<b>4</b>	<b>144</b>	<b>2</b>	<b>8</b>		<b>8</b>	<b>4</b>	<b>3,25</b>	<b>112</b>	<b>6,75</b>

Обозначения: Э – экзамен; З – зачет; ДЗ – дифференцированный зачет (зачет с оценкой); КР (КП) – курсовая работа (курсовой проект); контр. – контрольная работа, РГР – расчетно-графическая работа; Лек – лекционные занятия; Лаб - лабораторные занятия; Пр – практические занятия; РЭ – контактная работа с преподавателем в ЭИОС; КА – контактная работа, включающая индивидуальные консультации, консультации перед экзаменом, аттестацию, консультации и аттестацию по КР (КП), практику; СРС – самостоятельная работа студентов

При разработке образовательной технологии организации учебного процесса основной упор сделан на соединение активной и интерактивной форм обучения. Интерактивная форма позволяет студентам проявить самостоятельность в освоении теоретического материала и овладении практическими навыками, формирует интерес и позитивную мотивацию к учебе.

### **3 УЧЕБНАЯ ЛИТЕРАТУРА И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА**

Учебно-методическое обеспечение дисциплины приведено в таблицах 3 и 4.

Таблица 3 – Перечень основной и дополнительной литературы

Наименование дисциплины	Основная литература	Дополнительная литература
<p>Методы исследования процессов генерации пара в теплоэнергетических установках</p>	<p>1. Рогалев, Н. Д. Тепловые электрические станции : учебник / Н. Д. Рогалев, А. А. Дудолин, Е. Н. Олейникова. — Москва : НИУ МЭИ, 2022. — 768 с. — Режим доступа: для авториз. пользователей. — Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/307250">https://e.lanbook.com/book/307250</a> (дата обращения: 22.08.2022). — ISBN 978-5-7046-2623-7. — Текст : электронный.</p> <p>2. Ташлыков, О. Л. Парогенераторы АЭС : учебник / О. Л. Ташлыков, А. И. Бельтюков ; Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина. — Екатеринбург : Издательство Уральского университета, 2019. — 307 с. — Режим доступа: по подписке. — URL: <a href="https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=697580">https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=697580</a> (дата обращения: 22.08.2022). — ISBN 978-5-7996-2675-4. — Текст : электронный.</p> <p>3. Шаров, Ю. И. Внедрение современных технологий на ТЭС / Ю. И. Шаров. — Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2021. — 348 с. — Режим доступа: по подписке. — URL: <a href="https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=618539">https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=618539</a> (дата обращения: 22.08.2022). — ISBN 978-5-9729-0717-5. — Текст : электронный.</p> <p>4. Расчет двухтопливной ПГУ с параллельной схемой работы : учебное пособие / П. А. Щинников, О. В. Бо-руш, А. А. Францева, А. А. Зуева. — Новосибирск : НГТУ, 2019. — 112 с. — Режим доступа: для авториз.</p>	<p>1. Бойко, Е. А. Котельные установки : учебное пособие / Е. А. Бойко. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2021. — 668 с. — Режим доступа: по подписке. — URL: <a href="https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=618441">https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=618441</a> (дата обращения: 22.08.2022). — ISBN 978-5-9729-0744-1. — Текст : электронный.</p> <p>2. Елистратов, С. Л. Котельные установки и парогенераторы : учебное пособие / С. Л. Елистратов, Ю. И. Шаров. — Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2021. — 147 с. — Режим доступа: по подписке. — URL: <a href="https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=618451">https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=618451</a> (дата обращения: 22.08.2022). — ISBN 978-5-9729-0554-6. — Текст : электронный.</p> <p>3. Степанов, В. Ф. Парогенераторы АЭС : учебное пособие / В. Ф. Степанов. — Иваново : ИГЭУ, 2020 — Часть 1 — 2020. — 144 с. — Режим доступа: для авториз. пользователей. — Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/296267">https://e.lanbook.com/book/296267</a> (дата обращения: 22.08.2022). — Текст : электронный.</p> <p>4. Семенов, Б. А. Инженерный эксперимент в промышленной теплотехнике, теплоэнергетике и теплотехнологиях : учебное пособие / Б. А. Семенов. — 2-е изд., доп. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 400 с. — Режим доступа: для авториз. пользователей. — Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/211124">https://e.lanbook.com/book/211124</a> (дата обращения: 22.08.2022). — ISBN 978-5-8114-1392-8. — Текст : электронный.</p> <p>5. Дерюгин, В. В. Тепломассообмен / В. В. Дерюгин, В. Ф. Васильев, В. М. Уляшева. — 6-е изд., стер. — Санкт-Петербург :</p>

Наименование дисциплины	Основная литература	Дополнительная литература
	пользователей. — Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/152142">https://e.lanbook.com/book/152142</a> (дата обращения: 22.08.2022). — ISBN 978-5-7782-3922-7. — Текст : электронный.	Лань, 2023. — 240 с. — Режим доступа: для авториз. пользователей. — Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/310160">https://e.lanbook.com/book/310160</a> (дата обращения: 22.08.2023). — ISBN 978-5-507-46436-4. — Текст : электронный.

Таблица 4 – Перечень периодических изданий, учебно-методических пособий и нормативной литературы

Наименование дисциплины	Периодические издания	Учебно-методические пособия, нормативная литература
Методы исследования процессов генерации пара в теплоэнергетических установках	«Вестник Московского энергетического института. Вестник МЭИ», «Энергетика. Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ», «Вестник Казанского государственного энергетического университета», «Вестник Ивановского государственного энергетического университета, «Вестник Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана. Серия Машиностроение», «Теплоэнергетика».	



## **4 ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Информационные технологии**

В ходе освоения дисциплины, обучающиеся используют возможности интерактивной коммуникации со всеми участниками и заинтересованными сторонами образовательного процесса, ресурсы и информационные технологии посредством электронной информационной образовательной среды университета.

Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем, к которым обучающимся по образовательной программе обеспечивается доступ (удаленный доступ), а также перечень лицензионного программного обеспечения определяется в рабочей программе и подлежит обновлению при необходимости.

### **Электронные образовательные ресурсы:**

1. Российская образовательная платформа и конструктор бесплатных открытых онлайн-курсов и уроков - <https://stepik.org>

2. Образовательная платформа - <https://openedu.ru/>

**Состав современных профессиональных баз данных (СПБД) и информационных справочных систем (ИСС).**

Электронно-библиотечная система «BOOK.RU» <https://www.book.ru/>

Электронно-библиотечная система «Издательство «Лань» <https://e.lanbook.com/>

Электронно-библиотечная система «ЮРАЙТ» <https://urait.ru/>

Электронно-библиотечная система «IPRBooks» <https://www.iprbookshop.ru/>

Национальная электронная библиотека НЭБ.РФ <https://rusneb.ru/>

Расчетный сервер НИУ МЭИ: [http://twf.mpei.ac.ru/ochkov/vpu\\_book\\_new/mas/](http://twf.mpei.ac.ru/ochkov/vpu_book_new/mas/)

Расчетный сервер: [www.freecalc.com](http://www.freecalc.com)

Научная электронная библиотека [www.elibrary.ru](http://www.elibrary.ru)

## **5 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Аудиторные занятия проводятся в специализированных аудиториях с мультимедийным оборудованием, в компьютерных классах, а также в других аудиториях университета согласно расписанию занятий.

Предэкзаменационные консультации проводятся в аудиториях в соответствии с графиком консультаций.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электрон-

ную информационно-образовательную среду университета.

При освоении дисциплины используется программное обеспечение общего назначения и специализированное программное обеспечение.

Перечень соответствующих помещений и их оснащения приведен в таблице 5.

Таблица 5 – Материально-техническое обеспечение дисциплины

Наименование дисциплины	Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения
Методы исследования процессов генерации пара в теплоэнергетических установках	г. Калининград, ул. Проф. Баранова, 43, УК №1, ауд. 112Б, лаборатория теоретических основ теплотехники - учебная аудитория для проведения практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Специализированная (учебная) мебель - учебная доска, стол преподавателя, парты, стулья. Стендовые лабораторные работы: определение газовой постоянной и показателя адиабаты для воздуха; определение изобарной теплоемкости воздуха при атмосферном давлении; исследование кривой насыщения для воды и водяного пара; исследование процессов во влажном воздухе; исследование процесса дросселирования воздуха через пористую перегородку; определение теплоемкости твердых тел методом монотонного нагрева; теплоотдача трубы при свободной конвекции воздуха; исследование естественной конвекции около горизонтального цилиндра; определение коэффициента теплоотдачи при вынужденном движении воздуха в трубе; определение коэффициента теплоотдачи при вынужденном движении воздуха в прямом кольцевом канале; исследование теплоотдачи при ламинарном движении жидкости в трубе; исследование теплоотдачи при пузырьковом кипении; определение коэффициента теплопроводности теплоизоляционных материалов методом трубы; определение коэффициента теплопроводности твердого материала методом цилиндрического слоя; исследование теплообмена излучением; исследование работы теплообменного аппарата типа «Труба в трубе»; определение теплофизических свойств тел методом регулярного режима	
	г. Калининград, ул. Проф. Баранова, 43, УК №1, ауд. 417Б, компьютерный класс - учебная аудитория для проведения практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Специализированная (учебная) мебель - учебная доска, стол преподавателя, парты, стулья 7 компьютеров с подключением к сети Интернет и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации,	Типовое ПО на всех ПК 1. Операционная система Windows XP (получаемая по программе Microsoft "Open Value Subscription") 2. Офисное приложение MS Office Standard

Наименование дисциплины	Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения
		комплект лицензионного программного обеспечения	2003 (получаемое по программе Microsoft "Open Value Subscription" 3. Kaspersky Endpoint Security 4. Google Chrome 5. Компьютерный тренажер ТЭС с блоком ПГУ-325 ФГБОУ ВО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина» (ИГЭУ) 6. Компьютерный тренажер ТЭС с барабанными котлами БКЗ-420-140 НГМ и турбоустановками ПТ-60-130/13 и ПТ-90/100-130/16, ФГБОУ ВО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина» (ИГЭУ)
	г. Калининград, ул. Проф. Баранова, 43, УК №1, ауд. 432Б, компьютерный класс - учебная аудитория для проведения практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Специализированная (учебная) мебель - учебная доска, стол преподавателя, парты, стулья, 13 компьютеров с подключением к сети Интернет и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации, комплект лицензионного программного обеспечения	Типовое ПО на всех ПК 1. Операционная система Windows XP (получаемая по программе Microsoft "Open Value Subscription" 2. Офисное приложение MS Office Standard 2003 (получаемое по программе Microsoft "Open Value Subscription" 3. Kaspersky Endpoint Security 4. Google Chrome 5. Компьютерный тренажер паровой турбины ПТ-60-90/13, ООО внедренческий центр «Аналит»
	г. Калининград, ул. Проф. Баранова, 43, УК №1, ауд. 211Б - учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, индивидуальных и групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Специализированная (учебная) мебель - учебная доска, стол преподавателя, парты, стулья. Комплект плакатов.	
	г. Калининград, Профессора Баранова, 43, УК №1, ауд.112Б (П № 7) - помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования	Специализированная мебель, стеллажи с приборами и оборудованием.	
	г. Калининград, Профессора Баранова, 43, УК №	Специализированная (учебная) мебель - парты,	Типовое ПО на всех ПК

<b>Наименование дисциплины</b>	<b>Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы</b>	<b>Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы</b>	<b>Перечень лицензионного программного обеспечения</b>
	1, ауд.112Б (П № 2) - помещение для самостоятельной работы	стулья. 3 компьютера с подключением к сети Интернет и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации, комплект лицензионного программного обеспечения	1. Операционная система Windows XP (получаемая по программе Microsoft "Open Value Subscription" 2. Офисное приложение MS Office 2003 (получаемое по программе Microsoft "Open Value Subscription" 3. Kaspersky Endpoint Security 4. Google Chrome

## 6 ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ АТТЕСТАЦИИ, СИСТЕМА ОЦЕНИВАНИЯ И КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ

6.1 Типовые контрольные задания и иные материалы, необходимые для оценки результатов освоения дисциплины (в т.ч. в процессе освоения), а также методические материалы, определяющие процедуры этой оценки приводятся в приложении к рабочей программе дисциплины (утверждается отдельно).

6.2 Универсальная система оценивания результатов обучения включает в себя системы оценок: 1) «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно»; 2) «зачтено», «не зачтено»; 3) 100 – балльную/процентную систему и правило перевода оценок в пятибалльную систему (табл. 6).

Таблица 6 – Система оценок и критерии выставления оценки

Система оценок	2	3	4	5
	0-40%	41-60%	61-80 %	81-100 %
Критерий	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«отлично»
	«не зачтено»	«зачтено»		
<b>1 Системность и полнота знаний в отношении изучаемых объектов</b>	Обладает частичными и разрозненными знаниями, которые не может научно-корректно связывать между собой (только некоторые из которых может связывать между собой)	Обладает минимальным набором знаний, необходимым для системного взгляда на изучаемый объект	Обладает набором знаний, достаточным для системного взгляда на изучаемый объект	Обладает полнотой знаний и системным взглядом на изучаемый объект
<b>2 Работа с информацией</b>	Не в состоянии находить необходимую информацию, либо в состоянии находить отдельные фрагменты информации в рамках поставленной задачи	Может найти необходимую информацию в рамках поставленной задачи	Может найти, интерпретировать и систематизировать необходимую информацию в рамках поставленной задачи	Может найти, систематизировать необходимую информацию, а также выявить новые, дополнительные источники информации в рамках поставленной задачи
<b>3. Научное осмысление изучаемого явления, процесса, объекта</b>	Не может делать научно корректных выводов из имеющихся у него сведений, в состоянии проанализировать только некоторые	В состоянии осуществлять научно корректный анализ предоставленной информации	В состоянии осуществлять систематический и научно корректный анализ предоставленной информации,	В состоянии осуществлять систематический и научно корректный анализ предоставленной информации,

Система оценок	2	3	4	5
	0-40%	41-60%	61-80 %	81-100 %
Критерий	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«отлично»
	«не зачтено»	«зачтено»		
	из имеющихся у него сведений		вовлекает в исследование новые релевантные задачи данные	вовлекает в исследование новые релевантные поставленной задаче данные, предлагает новые ракурсы поставленной задачи
<b>4. Освоение стандартных алгоритмов решения профессиональных задач</b>	В состоянии решать только фрагменты поставленной задачи в соответствии с заданным алгоритмом, не освоил предложенный алгоритм, допускает ошибки	В состоянии решать поставленные задачи в соответствии с заданным алгоритмом	В состоянии решать поставленные задачи в соответствии с заданным алгоритмом, понимает основы предложенного алгоритма	Не только владеет алгоритмом и понимает его основы, но и предлагает новые решения в рамках поставленной задачи

6.3 Оценивание результатов обучения может проводиться с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий.

## 7 СВЕДЕНИЯ О РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ И ЕЕ СОГЛАСОВАНИИ

Рабочая программа дисциплины «Методы исследования процессов генерации пара в теплоэнергетических установках» представляет собой компонент основной профессиональной образовательной программы магистратуры по направлению подготовки 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры энергетика (протокол № 4 от 29.03.2022 г.)

Заведующий кафедрой



---

В.Ф. Белей

Директор института



---

И.С. Александров