

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Петербургский государственный университет путей сообщения
Императора Александра I»
(ФГБОУ ВО ПГУПС)

Кафедра «Теоретические основы электротехники и энергетики»

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины

***Б1.В.12 «МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ТЕПЛООБМЕНА
В ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВКАХ»***

для направления подготовки бакалавров

13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»

по профилю

«Промышленная теплоэнергетика»

Форма обучения – очная

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЙ

Рабочая программа рассмотрена и утверждена на заседании кафедры *«Теоретические основы электротехники и энергетики»*

Протокол № 7 от 13 января 2026 г.

Заведующий кафедрой

*«Теоретические основы электротехники и
энергетики»*

13 января 2026 г.

К.К. Ким

СОГЛАСОВАНО

Руководитель ОПОП ВО

13 января 2026 г.

Е.Л. Рыжова

1. Цели и задачи дисциплины

Рабочая программа дисциплины *«МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ТЕПЛООБМЕНА В ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВКАХ» (Б1.В.12)* (далее – дисциплина) составлена в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки бакалавров *13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»* (далее – ФГОС ВО), утвержденного 28 февраля 2018 г., приказ Министерства образования и науки Российской Федерации № 143, с учетом профессионального стандарта (16.065) *«Инженер - проектировщик технологических решений котельных, центральных тепловых пунктов и малых теплоэлектроцентралей»*, утвержденного приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 21 декабря 2015 г. N 1082Н (зарегистрирован Министерством юстиции Российской Федерации 1 января 2016 года, регистрационный №40687), профессионального стандарта (16.149) *«Специалист в области проектирования систем внутреннего теплоснабжения, отопления, вентиляции, кондиционирования воздуха, воздушного отопления, противодымной вентиляции»*, утвержденного приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 14 декабря 2018 года N 807Н, (зарегистрирован Министерством юстиции Российской Федерации 28 июня 2018 года, регистрационный №51474).

Целью изучения дисциплины «Методы решения задач теплообмена в энергетических установках» является приобретение теоретических и на их основе практических знаний в области решения задач теплообмена с учетом дальнейшего обучения и профессиональной деятельности.

Для достижения цели дисциплины решаются следующие задачи:

- виды методов и способы решения задач теплообмена в энергетических установках;
- изучение методик и принципов решения задач теплообмена с использованием аналитических и численных методов;
- построение математических и информационных моделей к решению задач теплообмена;
- углубленное изучение приложения Partial differential equation (PDE) ПО MATLAB.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с установленными в образовательной программе индикаторами достижения компетенций

Планируемыми результатами обучения по дисциплине (модулю) является формирование у обучающихся компетенций и/или части компетенций. Сформированность компетенций и/или части компетенций оценивается с помощью индикаторов достижения компетенций.

Индикаторы достижения компетенций	Результаты обучения по дисциплине (модулю)
<i>ПК-1. Выполнение гидравлических расчетов, расчетов тепловых схем с выбором оборудования и арматуры для проектирования технологических решений котельных, центральных тепловых пунктов, малых теплоэлектроцентралей</i>	
<i>ПК-1.1.7. Знает специальные компьютерные программы для выполнения работ по проектированию котельных, центральных тепловых пунктов, малых теплоэлектроцентралей</i>	<i>Обучающийся знает:</i> – базовые основы языков программирования высокого уровня для реализации алгоритмов расчета при решении задач теплообмена, включая задачи гидро- и аэродинамики, прочности; – вычислительные ресурсы прикладных программ для работы с электронными таблицами с целью создания информационных моделей расчетных схем при постановке задач теплообмена, включая задачи гидро- и аэродинамики, прочности, с использованием аналитических и численных методов; – язык программирования MATLAB или других пакетов, содержащих текстовый или графический интерфейсы для создания программ расчета.
<i>ПК-1.2.2. Умеет применять основные зависимости и методики по выполнению гидравлических, аэродинамических, прочностных расчетов трубопроводов с учетом компенсации и самокомпенсации и расчетов энергоэффективности при проектировании технологических решений котельных, центральных тепловых пунктов, малых теплоэлектроцентралей</i>	<i>Обучающийся умеет:</i> – составлять расчетные схемы к решению задач теплообмена, включая задачи гидро- и аэродинамики, прочности, в энергетических установках, элементах и узлах трубопроводов при проектировании технологических решений котельных, центральных тепловых пунктов, малых теплоэлектроцентралей; – разрабатывать информационные модели расчетных схем при постановке задач теплообмена, включая задачи гидро- и аэродинамики, прочности, с использованием языков программирования и пакетов прикладных программ; – выполнять отладку алгоритмов расчета при решении задач теплообмена, гидро- и аэродинамики, прочности.
<i>ПК-1.2.3. Умеет применять профессиональные компьютерные программные средства для выполнения гидравлического, аэродинамического и прочностного расчета трубопроводов при проектировании технологических решений котельных, центральных тепловых пунктов, малых теплоэлектроцентралей</i>	<i>Обучающийся умеет:</i> – выполнять теплотехнические, включая гидравлические, аэродинамические и прочностные расчеты энергетических установок, элементов и узлов трубопроводов при проектировании технологических решений котельных, центральных тепловых пунктов, малых теплоэлектроцентралей; – проводить анализ и оценку результатов расчетов, полученных с применением аналитических, численных методов решения.

Индикаторы достижения компетенций	Результаты обучения по дисциплине (модулю)
<i>ПК-3. Выполнение прочностных расчетов трубопроводов с учетом компенсации и самокомпенсации для проектирования технологических решений котельных, центральных тепловых пунктов, малых теплоэлектроцентралей</i>	
<i>ПК-3.2.1. Умеет определять необходимые данные для выполнения прочностных расчетов трубопроводов с учетом компенсации и самокомпенсации при проектировании технологических решений котельных, центральных тепловых пунктов, малых теплоэлектроцентралей</i>	<i>Обучающийся умеет:</i> – формировать математические модели, расчетные схемы, выполнять постановку задачи исследования; – использовать аналитические или численные методы расчета к решению задачи прочности, включая задачи теплообмена – применять современные методы обработки и представления информации.
<i>ПК-3.3.3. Имеет навыки определения толщины стенок труб и деталей</i>	<i>Обучающийся имеет навыки:</i> – проведения многовариантных расчетов для определения оптимальной толщины стенок труб и деталей; – оценки полученных результатов решения задачи.
<i>ПК-5. Разработка текстовой и графической частей проектной документации систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха объекта капитального строительства</i>	
<i>ПК-5.2.1. Умеет выбирать способы и алгоритм разработки и оформления чертежей, определять перечень необходимых исходных данных для разработки проектной документации систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха</i>	<i>Обучающийся умеет:</i> – разрабатывать расчетные схемы объектов исследования с использованием пакетов прикладных программ; – применять программные комплексы моделирования объектов исследования, включая редакторы векторной графики; – использовать средства обработки и представления информации.
<i>ПК-5.2.4. Умеет выбирать способы и алгоритмы оформления текстовой части проектной документации систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха, в том числе в специализированных программных средствах</i>	<i>Обучающийся умеет:</i> – учитывать особенности оформления текстовой части проектной документации для систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха; – определять оптимальный способ и алгоритм оформления текстовой части проектной документации применительно к системам отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха; – использовать интерфейсы ввода-вывода информации при оформлении текстовой части проектной документации с применением специализированных программных средств.

3. Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы

Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1 «Дисциплины (модули)».

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Для очной формы обучения

Вид учебной работы	Всего часов
Контактная работа (по видам учебных занятий)	30
В том числе:	
– лекции (Л)	10
– практические занятия (ПЗ)	10
– лабораторные работы (ЛР)	10
Самостоятельная работа (СРС) (всего)	38
Контроль	4
Форма контроля (промежуточной аттестации)	3
Общая трудоемкость: час / з.е.	72/2

Примечание: «Форма контроля» – экзамен (Э), зачет (З), зачет с оценкой (З*), курсовой проект (КП), курсовая работа (КР)

5. Структура и содержание дисциплины

5.1. Разделы дисциплины и содержание рассматриваемых вопросов

Для очной формы обучения

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Индикаторы достижения компетенций
1	Основные понятия и определения	Лекция 1. Уравнения математической физики, используемые для описания процессов теплообмена, включая гидро- и аэродинамику, прочность. Условия однозначности, краевые условия. Классификация методов решения задач теплообмена, включая задачи гидро- и аэродинамики, прочности	ПК-1.2.2. Умеет применять основные зависимости и методики по выполнению гидравлических, аэродинамических, прочностных расчетов трубопроводов с учетом компенсации и самокомпенсации и расчетов энергоэффективности при проектировании технологических решений котельных, центральных тепловых пунктов, малых теплоэлектроцентралей ПК-5.2.1. Умеет выбирать способы и алгоритм разработки и оформления чертежей, определять перечень необходимых исходных данных для разработки проектной документации систем отопления, вентиляции и кондиционирования

			воздуха
2	<i>Аналитические методы решения задач теплообмена, включая задачи гидро- и аэродинамики, прочности.</i> <i>Постановка задачи о неограниченной пластине</i>	Лекция 2. <i>Основные принципы решения задач аналитическими методами. Классический метод разделения переменных. Метод источников. Операционные методы.</i>	ПК-3.2.1. Умеет определять необходимые данные для выполнения прочностных расчетов трубопроводов с учетом компенсации и самокомпенсации при проектировании технологических решений котельных, центральных тепловых пунктов, малых теплоэлектроцентралей ПК-5.2.1. Умеет выбирать способы и алгоритм разработки и оформления чертежей, определять перечень необходимых исходных данных для разработки проектной документации систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха
		Практическое занятие 1. <i>Применение аналитических методов к решению задачи о неограниченной пластине.</i>	
		Лабораторная работа 1. <i>Решение задачи о неограниченной пластине аналитическим методом.</i>	ПК-3.3.3. Имеет навыки определения толщины стенок труб и деталей.
		Самостоятельная работа 1 (10 часов). <i>Анализ решения задачи о неограниченной пластине аналитическим методом.</i>	ПК-1.2.2. Умеет применять основные зависимости и методики по выполнению гидравлических, аэродинамических, прочностных расчетов трубопроводов с учетом компенсации и самокомпенсации и расчетов энергоэффективности при проектировании технологических решений котельных, центральных тепловых пунктов, малых теплоэлектроцентралей ПК-5.2.1. Умеет выбирать способы и алгоритм разработки и оформления чертежей, определять перечень необходимых исходных данных для разработки проектной документации систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха

3	Численные методы решения задач теплообмена, включая задачи гидро- и аэродинамики, прочности. Метод конечных разностей	Лекция 3. Сущность метода. Принцип разностной аппроксимации исходных дифференциальных уравнений и получения их дискретных аналогов. Виды разностных уравнений.	ПК-1.1.7. Знает специальные компьютерные программы для выполнения работ по проектированию котельных, центральных тепловых пунктов, малых теплоэлектроцентралей
		Практическое занятие 2. (4 часа) Применение метода конечных разностей к решению задачи о неограниченной пластине (оболочка компенсатора). Понятие о сходимости и устойчивости разностных схем. Аппроксимация краевых условий.	ПК-1.2.3. Умеет применять профессиональные компьютерные программные средства для выполнения гидравлического, аэродинамического и прочностного расчета трубопроводов при проектировании технологических решений котельных, центральных тепловых пунктов, малых теплоэлектроцентралей
		Лабораторная работа 2. (4 часа) Решение задачи о неограниченной пластине методом конечных разностей.	ПК-3.3.3. Имеет навыки определения толщины стенок труб и деталей.
		Самостоятельная работа 2. (12 часов) Анализ решения задачи о неограниченной пластине методом конечных разностей. Сопоставление результатов с аналитическим решением.	ПК-1.2.3. Умеет применять профессиональные компьютерные программные средства для выполнения гидравлического, аэродинамического и прочностного расчета трубопроводов при проектировании технологических решений котельных, центральных тепловых пунктов, малых теплоэлектроцентралей

4	Численные методы решения задач теплообмена, включая задачи гидро- и аэродинамики, прочности. Метод конечных элементов	Лекция 4. (4 часа) Сущность метода. Понятие о функционале. Принцип вариационного решения исходной дифференциальной задачи. Виды элементов, функции формы элементов. Построение локальной СЛАУ элемента. Принцип формирования глобальной СЛАУ расчетной области.	ПК-1.1.7. Знает специальные компьютерные программы для выполнения работ по проектированию котельных, центральных тепловых пунктов, малых теплоэлектроцентралей ПК-1.2.3. Умеет применять профессиональные компьютерные программные средства для выполнения гидравлического, аэродинамического и прочностного расчета трубопроводов при проектировании технологических решений котельных, центральных тепловых пунктов, малых теплоэлектроцентралей ПК-5.2.4. Умеет выбирать способы и алгоритмы оформления текстовой части проектной документации систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха, в том числе в специализированных программных средствах
		Практическое занятие 3. (4 часа) Применение метода конечных элементов к решению задачи о неограниченной пластине.	
		Лабораторная работа 3. (4 часа) Решение задачи о неограниченной пластине методом конечных разностей.	ПК-3.3.3. Имеет навыки определения толщины стенок труб и деталей.
		Самостоятельная работа 3. (16 часов) Анализ решения задачи о неограниченной пластине методом конечных элементов. Сопоставление результатов с решениями аналитическим и конечно-разностным методами.	ПК-1.2.3. Умеет применять профессиональные компьютерные программные средства для выполнения гидравлического, аэродинамического и прочностного расчета трубопроводов при проектировании технологических решений котельных, центральных тепловых пунктов, малых теплоэлектроцентралей ПК-5.2.4. Умеет выбирать способы и алгоритмы оформления текстовой части проектной документации систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха, в том числе в специализированных программных средствах

5.2. Разделы дисциплины и виды занятий

Для очной формы обучения:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Л	ПЗ	ЛР	СРС	Всего
1.	Основные понятия и определения	2	0	0	0	2
2.	Аналитические методы решения задач теплообмена, включая задачи гидро- и аэродинамики, прочности. Постановка задачи о неограниченной пластине	2	2	2	10	16
3.	Численные методы решения задач теплообмена, включая задачи гидро- и аэродинамики, прочности. Метод конечных разностей	2	4	4	12	22
4.	Численные методы решения задач теплообмена, включая задачи гидро- и аэродинамики, прочности. Метод конечных элементов	4	4	4	16	28
Итого		10	10	10	38	68
Контроль						4
Всего (общая трудоемкость, час.)						72

6. Оценочные материалы для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

Оценочные материалы по дисциплине являются неотъемлемой частью рабочей программы и представлены отдельным документом, рассмотренным на заседании кафедры и утвержденным заведующим кафедрой.

7. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Порядок изучения дисциплины следующий:

1. Освоение разделов дисциплины производится в порядке, приведенном в разделе 5 «Содержание и структура дисциплины». Обучающийся должен освоить все разделы дисциплины, используя методические материалы дисциплины, а также учебно-методическое обеспечение, приведенное в разделе 8 рабочей программы.
2. Для формирования компетенций обучающийся должен представить выполненные задания, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, предусмотренные текущим контролем успеваемости (см. оценочные материалы по дисциплине).
3. По итогам текущего контроля успеваемости по дисциплине, обучающийся должен пройти промежуточную аттестацию (см. оценочные материалы по дисциплине).

8. Описание материально-технического и учебно-методического обеспечения, необходимого для реализации образовательной программы по дисциплине

8.1. Помещения представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных программой бакалавриата/специалитета/магистратуры, укомплектованные специализированной учебной мебелью и оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории: настенным экраном (стационарным или

переносным), маркерной доской и (или) меловой доской, мультимедийным проектором (стационарным или переносным).

Все помещения, используемые для проведения учебных занятий и самостоятельной работы, соответствуют действующим санитарным и противопожарным нормам и правилам.

Для проведения лабораторных работ используется лаборатория кафедры «Математическое моделирование тепловых процессов» (ауд. 6-110), оборудованная персональными компьютерами, используемыми в учебном процессе для решения задач по численному моделированию.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

8.2. Университет обеспечен необходимым комплектом лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства:

- MS Office;
- ПО MATLAB Mathworks не ниже версии 6.0;
- Языки программирования высокого уровня (Basic, Pascal, Fortran и др.);
- Операционная система Windows;
- Антивирус Касперский;
- Программная система для обнаружения текстовых заимствований в учебных и научных работах «Антиплагиат.ВУЗ».

8.3. Обучающимся обеспечен доступ (удаленный доступ) к современным профессиональным базам данных:

- Электронно-библиотечная система издательства «Лань». [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/> — Режим доступа: для авториз. пользователей;
- Электронно-библиотечная система ibooks.ru («Айбукс»). – URL: <https://ibooks.ru/> — Режим доступа: для авториз. пользователей;
- Электронная библиотека ЮРАЙТ. – URL: <https://urait.ru/> — Режим доступа: для авториз. пользователей;
- Единое окно доступа к образовательным ресурсам - каталог образовательных интернет-ресурсов и полнотекстовой электронной учебно-методической библиотеке для общего и профессионального образования». – URL: <http://window.edu.ru/> — Режим доступа: свободный.
- Словари и энциклопедии. – URL: <http://academic.ru/> — Режим доступа: свободный.
- Научная электронная библиотека "КиберЛенинка" - это научная электронная библиотека, построенная на парадигме открытой науки (Open Science), основными задачами которой является популяризация науки и научной деятельности, общественный контроль качества научных публикаций, развитие междисциплинарных исследований, современного института научной рецензии и повышение цитируемости российской науки. – URL: <http://cyberleninka.ru/> — Режим доступа: свободный.

8.4. Обучающимся обеспечен доступ (удаленный доступ) к информационным справочным системам:

- Национальный Открытый Университет "ИНТУИТ". Бесплатное образование. [Электронный ресурс]. – URL: <https://intuit.ru/> — Режим доступа: свободный.

8.5. Перечень печатных и электронных изданий, используемых в образовательном процессе:

- Киселев И.Г., Галов В.В. Метод конечных элементов в задачах теплопроводности / И.Г. Киселев, В.В. Галов // Методические указания к выполнению расчетно-графических работ по дисциплине «Тепломассообмен». – СПб. : Петербургский гос. ун-т путей сообщения, 2012. – 31 с.

- Лазарев, Ю.Ф. MatLAB 5.x / Ю.Ф. Лазарев. – К.: Издательская группа ВНУ, 2000. – 384 с.
- Дульнев Г. Н. Применение ЭВМ для решения задач теплообмена : учеб. пособие для теплофизич. и теплоэнергетич. спец. вузов / Г. Н. Дульнев, В.Г. Парфенов, А.В. Сигалов. – М. : Высш. шк., 1990. – 207 с.
- Зенкевич О. Метод конечных элементов в технике / О. Зенкевич. – М. : Мир, 1975. – 543 с.
- Исаченко В. П. Теплопередача / В. П. Исаченко, В. А. Осипова, А. С. Сукомел. – 2-е изд. – М. : Энергия, 1969. – 440 с.
- Киселев И. Г. Расчет температурных полей узлов энергетических установок /А. И. Исакеев, И. Г. Киселев, В. М. Ляпунов, О. К. Никольская, Б. А. Соловьев. – Л. : Машиностроение, 1978. – 192 с.
- Лыков А. В. Теория теплопроводности / А. В. Лыков. – М. : Высшая школа, 1967. – 600 с.
- Михеев М. А. Основы теплопередачи / М. А. Михеев, И. М. Михеева. – М. :Энергия, 1973. – 320 с.
- Румянцев А. В. Метод конечных элементов в задачах теплопроводности : учебное пособие / А.В. Румянцев. – Калининград. : Калинингр. у-нт, 1995. – 170 с.
- Юдаев Б. Н. Теплопередача : учебник для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. /Б. Н. Юдаев. – М. : Высш. школа, 1981. – 319 с.
- 8.6. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», используемых в образовательном процессе:
 - Личный кабинет ЭИОС [Электронный ресурс]. – URL: my.pgups.ru — Режим доступа: для авториз. пользователей;
 - Электронная информационно-образовательная среда. [Электронный ресурс]. – URL: <https://sdo.pgups.ru> — Режим доступа: для авториз. пользователей;
 - Министерство экономического развития Российской Федерации [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.economy.gov.ru> — Режим доступа: свободный;
 - Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации – URL: <http://docs.cntd.ru/> — Режим доступа: свободный;
 - Сайт консультационной поддержки MATLAB [Электронный ресурс]. – URL: <http://matlab.exponenta.ru/> — Режим доступа: свободный;
 - Методические материалы по дисциплине «МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ТЕПЛООБМЕНА В ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВКАХ» (Б1.В.12) для направления 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника» по профилю «Промышленная теплоэнергетика» [Электронный ресурс]. – URL: <http://sdo.pgups.ru/> — Режим доступа: для авториз. пользователей.

Разработчик рабочей программы, *доцент*
 13 января 2026 г.

В.В. Галов