

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.ДВ.1.2 «ТЕПЛОВЫЕ ПРОЦЕССЫ В УСТРОЙСТВАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ»

для специальности

23.05.05 «Системы обеспечения движения поездов»

по специализации

«Электроснабжение железных дорог»

Форма обучения – очная, заочная

Санкт-Петербург
2025

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЙ

Рабочая программа рассмотрена и утверждена на заседании кафедры «Теоретические основы электротехники и энергетики»
Протокол № 4 от 05.12.2024 г.

Заведующий кафедрой
«Теоретические основы электротехники
и энергетики»
05.12.2024 г.

К.К. Ким

СОГЛАСОВАНО

Руководитель ОПОП ВО
10.12.2024 г.

А.В. Агунов

1. Цели и задачи дисциплины

Рабочая программа дисциплины «Тепловые процессы в устройствах электроснабжения» (Б1.В.ДВ.1.2) (далее – дисциплина) составлена в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по специальности 23.05.05 «Системы обеспечения движения поездов» (далее – ФГОС ВО), утвержденного «27» марта 2018 г., приказ Минобрнауки России № 217, с учетом профессиональных стандартов (17.044) «Начальник участка производства по техническому обслуживанию и ремонту оборудования, устройств и систем электроснабжения, сигнализации, централизации и блокировки железнодорожного транспорта», утвержденным приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 23 января 2017 № 65н (зарегистрирован Министерством юстиции Российской Федерации 7 февраля 2017 г., регистрационный №45558), и (17.100) «Специалист по технической поддержке процесса эксплуатации устройств электрификации и электроснабжения железнодорожного транспорта», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 15.06.2020 № 334н (зарегистрирован Министерством Юстиции Российской Федерации 20.06.2020, регистрационный номер № 59018).

Целью изучения дисциплины является формирование знаний о тепловых процессах, происходящих при эксплуатации оборудования и устройств электроснабжения железнодорожного транспорта, и умений их использования для диагностики различных устройств.

Для достижения поставленной цели решаются следующие задачи:

- приобретение знаний об основных закономерностях теплообмена применительно к устройствам электроснабжения и системам;
- получение представления об инженерно-технических решениях в области теплообмена при проектировании и расчете устройств электроснабжения;
- знакомство с методами моделирования тепловых процессов и методикой оценки эффективности применения изученных устройств в различных схемах энергоснабжения.

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
ПК-1. Организация выполнения работ по техническому обслуживанию, ремонту, восстановлению, усилению, реконструкции и монтажу оборудования, устройств и систем электроснабжения железнодорожного транспорта	
ПК-1.1.2 Знает устройство, принцип действия, технические характеристики и конструктивные особенности оборудования, устройств и систем электроснабжения железнодорожного транспорта	Обучающийся <i>знает</i> : <ul style="list-style-type: none">– способы описания основных тепловых процессов при эксплуатации оборудования, устройств и систем электроснабжения железнодорожного транспорта.

ПК-1.2.1 Умеет применять методы диагностики оборудования, устройств и систем электроснабжения железнодорожного транспорта	Обучающийся <i>умеет</i> : – применять методы электро моделирования тепловых процессов при диагностике оборудования, устройств и систем электроснабжения железнодорожного транспорта; – оценивать эффективность методов расчета различных тепловых процессов, происходящих в оборудовании и устройствах электроснабжения железнодорожного транспорта
ПК-3. Анализ результатов производственной деятельности участка производства по техническому обслуживанию и ремонту оборудования, устройств и систем электроснабжения железнодорожного транспорта	
ПК-3.1.2 Знает устройство, принцип действия, технические характеристики и конструктивные особенности основных элементов, узлов и устройств систем обеспечения движения поездов	Обучающийся <i>знает</i> : – методы экспериментального исследования процессов теплообмена основных элементов, узлов и устройств систем обеспечения движения поездов и обработки результатов эксперимента.

3. Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы

Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1 «Дисциплины (модули)» и является дисциплиной по выбору обучающегося.

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Для очной формы обучения:

Вид учебной работы	Всего часов
Контактная работа (по видам учебных занятий)	42
В том числе:	
– лекции (Л)	28
– практические занятия (ПЗ)	14
– лабораторные работы (ЛР)	-
Самостоятельная работа (СРС) (всего)	26
Контроль	4
Форма контроля (промежуточной аттестации)	3
Общая трудоемкость: час / з.е.	72/2

Для заочной формы обучения:

Вид учебной работы	Всего часов
Контактная работа (по видам учебных занятий)	12
В том числе:	
– лекции (Л)	8
– практические занятия (ПЗ)	4
– лабораторные работы (ЛР)	-

Самостоятельная работа (СРС) (всего)	56
Контроль	4
Форма контроля (промежуточной аттестации)	3
Общая трудоемкость: час / з.е.	72/2

Примечание: «Форма контроля» – зачет (3)

5. Содержание и структура дисциплины

5.1. Разделы дисциплины и содержание рассматриваемых вопросов

Для очной формы обучения:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Индикаторы достижения компетенций
1	Основы теплопередачи теплопроводностью	Лекция 1. Основные определения. Основной закон теплопроводности (Закон Фурье). Уравнение теплопроводности. Частные случаи уравнения теплопроводности.	ПК-1.1.2
		Лекция 2. Решение однородного уравнения теплопроводности методом разделения переменных. Решение неоднородного закона теплопроводности. Функция точечного теплового источника и ее интерпретация. (4 часа)	ПК-1.1.2
		Лекция 3. Методы теплового расчета, основанные на уравнении стационарной теплопроводности.	ПК-1.1.2
		Практическое занятие 1. Экспериментальное определение параметров влажного воздуха.	ПК-1.2.1 ПК-3.1.2
		Практическое занятие 2. Расчет многослойной теплоизоляции при заданных условиях.	ПК-1.2.1 ПК-3.1.2
		Самостоятельная работа. Изучение рекомендованной нормативно – технической документации и научно – технической литературы.	ПК-1.1.2 ПК-3.1.2
2	Основы теории конвективного теплопереноса в оборудовании и устройствах систем электроснабжения железнодорожного транспорта	Лекция 4. Основные определения. Основы теории пограничного слоя. Критерий Маха. Ламинарное и турбулентное течение. Критерий Рейнольдса. Метод подобия.	ПК-1.1.2
		Лекция 5. Гидродинамический пограничный слой. Температурный пограничный слой. Критерий Прандтля. Коэффициент конвективной теплоотдачи. Критерии Стэнтона и Нуссельта.	ПК-1.1.2
		Практическое занятие 3.	ПК-1.2.1

		<i>Экспериментальное определение коэффициента теплопроводности твёрдых тел методом цилиндрического слоя.</i>	ПК-3.1.2
		Практическое занятие 4. <i>Экспериментальное определение коэффициента теплоотдачи при естественной конвекции воздуха.</i>	ПК-1.2.1 ПК-3.1.2
		Самостоятельная работа. <i>Изучение рекомендованной нормативно – технической документации и научно – технической литературы.</i>	ПК-1.1.2 ПК-3.1.2
3	Определение коэффициента конвективной теплоотдачи оборудования, устройств и систем электроснабжения железнодорожного транспорта.	Лекция 6. <i>Коэффициент конвективной теплоотдачи плоской пластинки в несжимаемой среде. Уравнение пограничного слоя в несжимаемой среде. Интегральное соотношение для пограничного слоя. Определение коэффициента конвективной теплоотдачи при ламинарном течении. (4 часа)</i>	ПК-1.1.2
		Лекция 7. <i>Определение коэффициента конвективной теплоотдачи при турбулентном течении в пограничном слое. Определение коэффициента конвективной теплоотдачи при смешанном течении в пограничном слое. Коэффициент конвективной теплоотдачи кругового цилиндра. Коэффициент конвективной теплоотдачи при свободной конвекции. Критерий Грасгофа. (4 часа)</i>	ПК-1.1.2
		Практическое занятие 5. <i>Практическое определение величины коэффициента конвективной теплоотдачи от работающего оборудования.</i>	ПК-1.2.1 ПК-3.1.2
		Самостоятельная работа. <i>Изучение рекомендованной нормативно – технической документации и научно – технической литературы.</i>	ПК-1.1.2 ПК-3.1.2
4	Основы теплообмена излучением. Нагрев и охлаждение оборудования, устройств и систем электроснабжения железнодорожного транспорта.	Лекция 8. <i>Закон Стефана – Больцмана. Закон Вина. Распределение энергии излучения в спектре излучения. Закон Планка. Естественные источники теплового излучения. Некоторые особенности эксплуатации проводов контактной сети тягового электроснабжения. (4 часа)</i>	ПК-1.1.2

		Лекция 9. Уравнение нагрева проводов контактной сети. Уравнение процесса охлаждения провода контактной сети. Нагрев и охлаждение проводов контактной сети в условиях конвективного и лучистого теплопереноса. Нагрев проводов контактной сети при коротком замыкании. (4 часа)	ПК-1.1.2
		Практическое занятие 6. Экспериментальное исследование теплообмена излучением.	ПК-1.2.1 ПК-3.1.2
		Практическое занятие 7. Экспериментальное определение коэффициента теплопередачи нагревательного прибора.	ПК-1.2.1 ПК-3.1.2
		Самостоятельная работа. Изучение рекомендованной нормативно – технической документации и научно – технической литературы.	ПК-1.1.2 ПК-3.1.2

Для заочной формы обучения:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Индикаторы достижения компетенций
1	Основы теплопередачи теплопроводностью	Лекция 1. Основные определения. Основной закон теплопроводности (Закон Фурье). Уравнение теплопроводности. Решение однородного уравнения теплопроводности методом разделения переменных. Методы теплового расчета, основанные на уравнении стационарной теплопроводности.	ПК-1.1.2
		Самостоятельная работа. Частные случаи уравнения теплопроводности. Решение неоднородного закона теплопроводности. Функция точечного теплового источника и ее интерпретация.	ПК-1.1.2 ПК-3.1.2
2	Основы теории конвективного теплопереноса в оборудовании и устройствах систем электроснабжения железнодорожного транспорта	Лекция 2. Гидродинамический пограничный слой. Температурный пограничный слой. Критерий Прандтля. Коэффициент конвективной теплоотдачи. Критерии Стэнтона и Нуссельта.	ПК-1.1.2
		Практическое занятие 1.	ПК-1.2.1 ПК-3.1.2

		<i>Экспериментальное определение коэффициента теплоотдачи при естественной конвекции воздуха.</i>	
		Самостоятельная работа. <i>Основные определения. Основы теории пограничного слоя. Критерий Маха. Ламинарное и турбулентное течение. Критерий Рейнольдса. Метод подобия.</i>	ПК-1.1.2 ПК-3.1.2
3	Определение коэффициента конвективной теплоотдачи оборудования, устройств и систем электроснабжения железнодорожного транспорта	Лекция 3. <i>Коэффициент конвективной теплоотдачи кругового цилиндра. Коэффициент конвективной теплоотдачи при свободной конвекции. Критерий Грасгофа.</i>	ПК-1.1.2
		Самостоятельная работа. <i>Коэффициент конвективной теплоотдачи плоской пластинки в несжимаемой среде. Уравнение пограничного слоя в несжимаемой среде. Интегральное соотношение для пограничного слоя. Определение коэффициента конвективной теплоотдачи при ламинарном течении.</i> <i>Определение коэффициента конвективной теплоотдачи при турбулентном течении в пограничном слое. Определение коэффициента конвективной теплоотдачи при смешанном течении в пограничном слое.</i>	ПК-1.1.2 ПК-3.1.2
4	Основы теплообмена излучением. Нагрев и охлаждение оборудования, устройств и систем электроснабжения железнодорожного транспорта	Лекция 4. <i>Закон Стефана – Больцмана. Распределение энергии излучения в спектре излучения. Закон Планка. Некоторые особенности эксплуатации проводов контактной сети тягового электроснабжения. Уравнение нагрева проводов контактной сети.</i>	ПК-1.1.2
		Практическое занятие 2. <i>Экспериментальное определение коэффициента теплопередачи нагревательного прибора.</i>	ПК-1.2.1 ПК-3.1.2
		Самостоятельная работа. <i>Закон Вина.</i> <i>Естественные источники теплового излучения.</i> <i>Уравнение процесса охлаждения провода контактной сети. Нагрев и охлаждение проводов контактной сети в условиях конвективного и лучистого теплопереноса. Нагрев</i>	ПК-1.1.2 ПК-3.1.2

		<i>проводов контактной сети при коротком замыкании.</i>	
--	--	---	--

5.2. Разделы дисциплины и виды занятий

Для очной формы обучения:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Л	ПЗ	ЛР	СРС	Всего
1	Основы теплопередачи теплопроводностью	8	4	-	6	18
2	Основы теории конвективного теплопереноса в оборудовании и устройствах систем электроснабжения железнодорожного транспорта	4	4	-	6	14
3	Определение коэффициента конвективной теплоотдачи оборудования, устройств и систем электроснабжения железнодорожного транспорта	8	2	-	6	16
4	Основы теплообмена излучением. Нагрев и охлаждение оборудования, устройств и систем электроснабжения железнодорожного транспорта	8	4	-	8	20
	Итого	28	14	-	26	68
Контроль						4
Всего (общая трудоемкость, час.)						72

Для заочной формы обучения:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Л	ПЗ	ЛР	СРС	Всего
1	Основы теплопередачи теплопроводностью	2	-	-	14	16
2	Основы теории конвективного теплопереноса в оборудовании и устройствах систем электроснабжения железнодорожного транспорта	2	2	-	14	18
3	Определение коэффициента конвективной теплоотдачи оборудования, устройств и систем электроснабжения железнодорожного транспорта	2	-	-	14	16
4	Основы теплообмена излучением. Нагрев и охлаждение оборудования, устройств и систем электроснабжения железнодорожного транспорта	2	2	-	14	18
	Итого	8	4		56	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 является 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 специалитета, укомплектованные специализированной учебной мебелью и оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории: стационарным настенным экраном и стационарным мультимедийным проектором (в лекционных аудиториях), маркерной или меловой доской.

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

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: операционная система Windows; MS Office; Антивирус Касперский.

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:

– Григорьев В.А., Игнатъев В.В. Тепловые процессы в устройствах тягового электроснабжения. Учебное пособие для вузов ж.д. транспорта ./М.: ООО «Транспортная книга», 2007 г. – 181 с.

– Петров А. И. Техническая термодинамика и теплопередача / А. И. Петров. – Санкт-Петербург : Лань, 2023. — 428 с. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/310178> — Режим доступа: для авториз. пользователей.

– Буланов, Н. В. Теплотехника: курс лекций : учебное пособие / Н. В. Буланов. — Екатеринбург : , 2021. — 161 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/246806> — Режим доступа: для авториз. пользователей.

– Киселев И.Г., Сальков С.А.. Электромоделирование процессов теплообмена. Методические указания. – ПГУПС, 2008г.- 12 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.

Разработчик рабочей программы, *доцент*
05.12.2024 г.

И.М. Карпова