Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Артеменков Михаил Николаевич
Должность: Ректор
Дата подписания: 16.11.2026 11:57:59
Уникальный программный ключ:
a63b74166e8f4fc17bd1e0462725f79e393bfdf9

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Смоленский государственный университет»

Кафедра физики и технических дисциплин

«Утверждаю»
Проректор по учебно-
методической деятельности
_____Ю.А. Устименко
«10» сентября 2026 г.

Рабочая программа дисциплины
Б1.О.11.04 Термодинамика и теплопередача

Направление подготовки: 25.03.01 Техническая эксплуатация летательных аппаратов и двигателей
Направленность (профиль): Конструкция, технология эксплуатации и ремонта авиационной техники

Форма обучения: очная
Курс – 2
Семестр – 4
Всего зачетных единиц – 4; часов – 144
Форма аттестации – экзамен

Смоленск
2026

1. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина «Термодинамика и теплопередача» относится к обязательной части учебного плана к образовательной программы по направлению подготовки 25.03.01 Техническая эксплуатация летательных аппаратов и двигателей, направленность (профиль): Конструкция, технология эксплуатации и ремонта авиационной техники.

Дисциплина занимает ключевое положение в теоретической подготовке авиационного инженера, являясь фундаментом для изучения тепловых процессов в силовых установках воздушных судов. Курс базируется на ранее освоенных студентами знаниях по высшей математике, общей физике и химии. Полученные компетенции служат непосредственной основой для освоения таких профильных дисциплин, как «Теория и конструкция авиационных двигателей», «Техническая эксплуатация силовых установок», «Поддержание летной годности» и других. В ходе изучения дисциплины студенты овладевают методами термодинамического анализа циклов газотурбинных и поршневых двигателей, а также теплообменных аппаратов. Освоение дисциплины позволяет будущим специалистам корректно оценивать тепловую напряженность деталей ГТД, рассчитывать параметры систем охлаждения и прогнозировать тепловые потери при эксплуатации техники. Знание законов термодинамики и теплопередачи критически важно для анализа процессов обледенения планера, работы систем кондиционирования воздуха и обеспечения пожарной безопасности ВС. Таким образом, дисциплина обеспечивает переход от фундаментальных физических законов к решению конкретных задач поддержания летной годности и ремонта теплоэнергетических систем гражданской авиации.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенции	Индикаторы достижения
ОПК – 1 Способен использовать основные законы математики, единицы измерения, фундаментальные принципы и теоретические основы физики, теоретической механики, гидравлики, имеющие отношение к техническому обслуживанию воздушных судов	Знать: основные закономерности процессов воздействия высокоэнергетических и высокотемпературных газовых потоков на поверхность летательных аппаратов и элементы конструкции авиационных и ракетных двигателей, положения теории теплообмена для обеспечения тепловых режимов летательных аппаратов, кабин таких аппаратов, систем жизнеобеспечения и кондиционирования, надежной работы радиоэлектронной аппаратуры Уметь: применять приемы термодинамики для проведения термодинамических расчетов Владеть: методами термодинамических расчетов параметров рабочего тела в двигателях летательных аппаратов и внешнего потока при обтекании летательных аппаратов

3. Содержание дисциплины

Термодинамическая система и ее взаимодействие с окружающей средой. Параметры состояния. Равновесное и неравновесное состояние. Законы идеальных газов. Термодинамический процесс. Газы и газовые смеси, уравнение состояния Клапейрона-Менделеева. Теплоемкость. Работа, теплота, внутренняя энергия. Первый закон термодинамики. Энтальпия. Энтропия. P-Vи T-S диаграммы. Уравнение первого закона для потока рабочего тела. Второй закон термодинамики. Обратимые и необратимые процессы.

Реальные газы, водяной пар, P-V, T-S, H-S диаграммы водяного пара. Параметры влажного пара. Процессы в реальных газах и парах. Истечение газов и паров. Термодинамический анализ процессов в компрессорах. Циклы двигателей внутреннего сгорания (ДВС). Тепловые процессы в двигателях. Энергетический баланс ДВС.

Особенности рабочих процессов в двигателях, работающих на газообразном топливе. Циклы газотурбинных установок (ГТУ).

Основные понятия и определения теории теплообмена. Теплопроводность. Закон Фурье. Коэффициенты теплопроводности и температуропроводности. Теплопроводность при стационарном режиме плоской и цилиндрической стенок. Конвективный теплообмен (теплоотдача). Закон Ньютона-Рихмана. Коэффициент теплоотдачи, его зависимость от различных факторов. Основы теории подобия. Опытное и расчетное определение коэффициента теплоотдачи. Теплоотдача при вынужденном и свободном движении жидкости. Теплообмен при кипении и конденсации жидкости. Теплообмен излучением. Законы излучения. Излучение газов.

Теплопередача. Уравнение и коэффициент теплопередачи. Основы теплового расчета теплообменных аппаратов. Конструктивный и поверочный тепловые расчеты теплообменных аппаратов.

Физические свойства жидкостей. Гидростатика. Давление жидкости на стенки. Определения кинематики жидкости. Уравнение неразрывности. Идеальная жидкость. Уравнение Бернулли. Измерение полного напора, трубка Пито. Истечение жидкости через отверстия и насадки. Расходомер. Кавитация. Гидравлические сопротивления, расчет трубопроводов. Гидравлический удар в трубах. Уравнение количества движения. Потери напора по длине трубы. Местные сопротивления. Гидравлический расчет трубопроводов. Гидравлический удар в трубах.

Адиабатные соотношения. Скорость звука, число Маха. Уравнение энергии. Критическая и максимальная скорость газа. Связь скорости газа с сечением потока. Сопло Лаваля. Параметры изоэнтропического торможения газа. Истечение газа. Безвихревое и вихревое течение. Циклонные аппараты. Функция тока. Потенциал скорости. Циркуляция скорости, подъемная сила крыла. Влияние вязкости. Критерии подобия, моделирование в гидрогазодинамике. Пограничный слой, его расчет. Отрыв пограничного слоя, сопротивление при отрывном обтекании. Крыло и лопаточная решетка в газовом потоке.

Распыливание жидкостей. Диффузоры. Эжекторы.

4. Тематический план и виды образовательной деятельности

№ п/п	Наименование разделов	Виды занятий				
		Всего ак.	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа студента, в том числе
1.	Основы термодинамики	44	14	6	8	16
2.	Тепломассообмен	36	14	2	4	16
3.	Гидрогазодинамика	37	14	2	4	17
	Итого:	**144**	**42**	**10**	**16**	**76**

5. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации (перечень)

1. Тестовые задания (примеры)

Данный вид оценочных средств предназначен для быстрой проверки усвоения понятийного аппарата и основных законов термодинамики.

Тест № 1: Основные параметры состояния газа, первый закон термодинамики и термодинамические процессы (изохорный, изобарный, изотермический, адиабатный, политропный).
Тест № 2: Второй закон термодинамики, циклы идеальных газов (цикл Карно, циклы ГТД с подводом теплоты при p=const и v=const.
Тест № 3: Термодинамика реальных газов, водяного пара и влажного воздуха (применительно к высотным системам кондиционирования ВС).
Тест № 4: Элементарные виды теплообмена (теплопроводность, конвекция, тепловое излучение) и основы расчета теплообменных аппаратов.

2. Контрольные работы (примеры)
Данный вид оценочных средств направлен на оценку умения выполнять термодинамические и тепловые расчеты узлов авиационной техники.
Контрольная работа № 1 «Расчет термодинамических процессов и циклов авиационных ГТД». Включает задачи на определение изменения параметров состояния рабочего тела p, v, T, совершаемой работы, количества подведенной теплоты и термического КПД цикла реального или идеального авиадвигателя.
Контрольная работа № 2 «Тепловой расчет элементов конструкции и теплообменников ВС». Включает задачи на расчет сложного теплообмена через многослойную цилиндрическую или плоскую стенку (например, расчет теплопотерь через обшивку фюзеляжа или оценку теплового потока в маслоохладителе двигателя).

3. Расчетно-графические работы (РГР) (примеры)
РГР представляют собой комплексное расчетное задание с индивидуальными техническими параметрами, которое выполняется самосоятельно
РГР № 1: «Термодинамический анализ и расчет идеального цикла газотурбинного двигателя (или поршневого авиадвигателя внутреннего сгорания)».
РГР № 2: «Тепловой и конструктивный расчет авиационного водовоздушного (или масляно-воздушного) радиатора системы охлаждения».

4. Лабораторные работы (пример)
ЛР № 1: «Определение теплоемкости газов при постоянном давлении».
ЛР № 2: «Исследование процессов истечения и дросселирования газов и паров».
ЛР № 3: «Экспериментальное определение коэффициента теплопроводности теплоизоляционных материалов авиационных конструкций».
ЛР № 4: «Изучение конвективного теплообмена при свободном и вынужденном движении воздуха около элементов профиля крыла / лопатки».
ЛР № 5: «Определение эффективности работы трубчатого теплообменного аппарата».

5. Экзамен (промежуточная аттестация)
Экзамен проводится после завершения изучения дисциплины с целью проверки уровня сформированности компетенций.
Экзамен состоит из теоретической (2 теоретических вопроса в билете) и практической частей (расчетная задача).
Примеры теоретических вопросов по термодинамике: Термодинамическая система, формы передачи энергии (теплота и работа). Первый закон термодинамики для закрытых систем и потока. Термический КПД и циклы Брайтона (ГТД). Термодинамические свойства влажного воздуха.
Примеры теоретических вопросов по теплопередаче: Дифференциальное уравнение теплопроводности Фурье. Граничные условия. Особенности теплоотдачи при кипении и конденсации применительно к топливным и масляным системам ВС. Закон Стефана-Больцмана для излучения.

Задача на термодинамику: Определение параметров в характерных точках цикла ГТД (компрессор, камера сгорания, турбина, сопло) и расчет удельной тяги или экономичности.

Задача на теплопередачу: Оценка температуры на внутренней поверхности лопатки турбины с учетом конвективного охлаждения изнутри и радиационно-конвективного нагрева снаружи газовым потоком.

Критерии выставления оценки на экзамене

Оценка	Критерии и показатели оценивания
Отлично	Студент дал исчерпывающие, логически выверенные ответы на оба теоретических вопроса билета. Свободно оперирует понятиями (энтальпия, энтропия, эксергия), безошибочно выводит термодинамические уравнения и формулирует законы тепломассообмена. Приводит точные графики процессов в p-v, T-s и i-d диаграммах. Экзаменационная задача (например, расчет цикла ГТД или тепловой напряженности лопатки турбины) решена правильно. Расчетная схема составлена без ошибок, ход вычислений математически точен, указаны верные единицы измерения. На все дополнительные и наводящие вопросы экзаменатора студент отвечает уверенно и аргументировано. Демонстрирует четкое понимание того, как законы термодинамики и теплопередачи применяются в практике эксплуатации, диагностики и ремонта авиадвигателей и систем воздушных судов.
Хорошо	Теоретические вопросы изложены грамотно и в полном объеме. Однако в ответе присутствуют несущественные неточности в формулировках, или допущены мелкие помарки при графическом изображении термодинамических циклов на диаграммах. Студент может испытывать легкие затруднения при выводе сложных интегральных соотношений. Инженерная задача решена в соответствии с правильным алгоритмом. Допущены мелкие расчетные погрешности (ошибки округления, отсутствие размерностей у промежуточных величин) или незначительные недочеты в оформлении расчетной схемы, которые не повлияли на итоговый верный результат. На дополнительные вопросы экзаменатора студент отвечает правильно, но в некоторых случаях ему требуется краткое время на размышление или минимальная наводящая подсказка преподавателя.
Удовлетворительно	Студент ориентируется в материале, знает основные законы (Первый и Второй законы термодинамики, закон Фурье, закон Ньютона-Рихмана), но излагает их фрагментарно. Допускает грубые ошибки в выводах формул или путает термодинамические процессы на диаграммах (например, путает адиабату с изотермой). Испытывает серьезные затруднения при переходе от общей физики к авиационной специфике. Задача решена частично или с серьезными ошибками. Студент понимает общую логику расчета, но неверно выбрал знаки в уравнениях теплового баланса, перепутал формулы термодинамических коэффициентов или допустил грубые арифметические ошибки, приведшие к нереалистичному итоговому результату (например, КПД компрессора получился больше 1). На большинство дополнительных вопросов может ответить только после прямых подсказок и детальных наводящих вопросов экзаменатора.
Неудовлетворительно	Студент демонстрирует полное незнание предмета. Не может сформулировать основные законы термодинамики и теплообмена, не понимает физический смысл базовых параметров состояния газа p, v, T. Ответ на теоретические вопросы билета отсутствует либо содержит

	принципиальные научные ошибки. Экзаменационная задача не решена, расчетная схема отсутствует либо составлена в корне неверно. Студент не знает, какие формулы и законы необходимо применить для расчета простейшего теплового процесса. Наводящие и самые простые вопросы преподавателя остаются без ответа. Студент не понимает взаимосвязи между тепловыми процессами и работой реального авиационного двигателя.

6. Перечень основной и дополнительной литературы

6.1 Основная литература

1. Кудинов, В. А. Техническая термодинамика и теплопередача : учебник для вузов / В. А. Кудинов, Э. М. Карташов, Е. В. Стефанюк. — 4-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 533 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-19758-7. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: https://urait.ru/bcode/559749
2. Белов, Г. В. Термодинамика : учебник и практикум для вузов / Г. В. Белов. — 4-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 524 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-20064-5. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: https://urait.ru/bcode/557515
3. Белов, Г. В. Термодинамика : учебник и практикум для вузов / Г. В. Белов. — 4-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 524 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-20064-5. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: https://urait.ru/bcode/557515

6.2 Дополнительная литература

1. В. А. Кудинов, Э. М. Карташов, Е. В. Стефанюк: учебник для среднего профессионального образования https://www.biblioonline.ru/bcode/447045
2. Теоретические основы теплотехники. Термодинамика [Текст] : учеб.-метод. комплекс / сост.: З. Ф. Каримов, Е. П. Павлов. - СПб. : Изд-во СЗТУ, 2009. - 261 с.
3. Теплотехника [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В. С. Дресвянкин, В. Г. Лабейш, Е. П. Павлов. - СПб. : Горн. ун-т, 2013. - 143 с. http://irbis.spmi.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=402&task=set_static_req&bns_string=NWPIB,ELC,ZAPIS&req_irb=<.>I=%2D548581<.>
4. Основы технической термодинамики и теории тепло- и массообмена: Учебное пособие / В.А. Барилович, Ю.А. Смирнов. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 432 с. http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=356818

6.3 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. Учебное пособие https://new.znanium.com/ca talog/product/520047
2. Учебник для среднего профессионального образования https://www.biblioonline.ru/bcode/442180
3. Учебное пособие https://new.znanium.com/ca talog/product/1043825

7. Материально - техническое обеспечение

Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, в том числе:

- стандартная учебная мебель (70 посадочных мест);
- стол и стул для преподавателя (по 1 шт.);
- кафедра для лектора (1 шт.);
- доска настенная трехэлементная (1 шт.);
- мультимедиапроектор TOSHIBA (1 шт.);
-ноутбук Lenovo (1 шт.);

- колонки Genius (1 пара);
- экран настенный переносной (1 шт.);
- генератор сигналов RIGOL DG4162 (15 шт.);
- осциллограф RIGOL DS1052E (15 шт.);
- источник питания низковольтный HY 1803L (10 шт.);
- комплект антенных устройств (12 шт.);
- спектроанализатор HEWLET PACKARD 8596E (1 шт.);
- генератор сигналов специальной формы UDG 101/5 (3 шт.);
- цифровой осциллограф DS-1052E (3 шт.);
-сверхширокополосный комплекс для измерения параметров антенн (1 шт.);
- модель элементарного магнитного вибратора – металлическая петля
(1 шт.);
- рупорная антенна
(5 шт.);
- образцы прямоугольных, круглых, коаксиальных и полосковых волноводов (15 шт.);
- образцы цилиндрических резонаторов СВЧ
(5 шт.);
- измерительный усилитель (3 шт.);
- оптико-электронный преобразователь (1 шт.);
- сверхширокополосная радиолиния передачи информации «Изумруд» (1 шт.)

Помещение для самостоятельной работы, оснащенное компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и доступом в электронную информационно-образовательную среду организации, в том числе: компьютеры (12 шт.); компьютерный студенческий стол (12 шт.); стол и стул для преподавателя (по 1 шт.); доска настенная трехэлементная (1 шт.).

8. Программное обеспечение

Microsoft Open License (WindowsXP, 7, 8, 10, Server, Office 2003-2016), лицензия 66975477 от 03.06.2016 (бессрочно).

Обучающимся обеспечен доступ к ЭБС «Юрайт», а также доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.