

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Севастопольский государственный университет»

УТВЕРЖДАЮ

Председатель приемной комиссии



Ректор

(подпись)

В.Д. Нечаев
(Ф.И.О)

«20» января 2026 г.

ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ

Вступительное испытание по специальной дисциплине

(название вступительного испытания)

Научная специальность

1.3.14. Теплофизика и теоретическая
теплотехника

(название уровня ВО)

уровень высшего образования

подготовка кадров высшей квалификации

(название уровня ВО)

Севастополь
2026

Программа вступительного испытания по специальной дисциплине при приеме на обучение по научной специальности 1.3.14. Теплофизика и теоретическая теплотехника:

1. Разработана на кафедре «Электроэнергетика» ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет» в соответствии со следующими нормативными документами:

– Порядок приема на обучение по образовательным программам высшего образования – программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре, утвержденным приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06.08.2021 № 721;

– Правила приема в федеральное государственное автономное учреждение высшего образования «Севастопольский государственный университет» на обучение по образовательным программам высшего образования – программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре в 2026 году;

– Положение о приемной комиссии федерального государственного автономного учреждения «Севастопольский государственный университет»;

– Положение о экзаменационных комиссиях федерального государственного автономного учреждения высшего образования «Севастопольский государственный университет»;

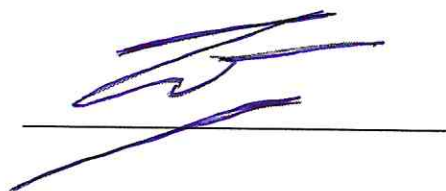
– Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования по направлению подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника (уровень магистратуры), утвержденный Приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 28.02.2018 г. № 147.

– Основная образовательная программа высшего образования по направлению подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника (профиль – Электрические системы и сети), утвержденная ректором ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет» 04.03.2025 г.

2. Разработчик программы: профессор кафедры «Электроэнергетика» Губарев Ф.А.

3. Утверждена на заседании кафедры «Электроэнергетика» от «11» декабря 2025 г., протокол № 5.

Председатель предметной
экзаменационной комиссии, профессор
кафедры «Электроэнергетика»



Ф.А. Губарев

СОДЕРЖАНИЕ

	стр.
1. Общие положения и порядок проведения вступительного испытания...	4
2. Основное содержание программы вступительного испытания.....	5
3. Шкала оценивания и минимальное количество баллов, подтверждающее успешность прохождения вступительного испытания...	10
4. Список рекомендуемой литературы для подготовки к вступительному испытанию.....	11

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ И ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ

Вступительный экзамен для зачисления на программу подготовки кадров высшей квалификации по научной специальности 1.3.14. Теплофизика и теоретическая теплотехника проводится в соответствии с Порядком приема на обучение по программам подготовки аспирантов.

Программа вступительного экзамена составлена в соответствии с основной образовательной программой подготовки по направлению подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника.

К сдаче вступительного экзамена допускаются лица, окончившие ВУЗы по программам базового высшего образования, имеющие дипломы магистров или специалистов.

Вступительный экзамен предполагает письменный ответ кандидата на вопросы билета. Билет содержит 4 вопроса. Ответы на вопросы излагаются студентами на бланках установленной формы, заверенных штампом Приемной комиссии.

2. ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ

Для составления экзаменационных вопросов на вступительном экзамене используются следующие дисциплины, изучаемые согласно учебному плану магистратуры по направлению подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника.

2.1. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ТЕРМОДИНАМИКА

2.1.1. Основные понятия и определения термодинамики. Термодинамическая система. Параметры состояния (удельный объем, давление, температура). Равновесные и неравновесные состояния и процессы. Обратимые и необратимые процессы.

2.1.2. Теплота и работа как формы передачи энергии. Понятие теплоемкости. Массовая, объемная и молярная удельные теплоемкости. Теплоемкость идеального газа.

2.1.3. Первый закон термодинамики. Работа, внутренняя энергия, теплота. Термическое уравнение состояния. Изохорический, изобарический и изотермический процессы. Теплоемкость.

2.1.4. Второй закон термодинамики. Формулировки второго закона термодинамики. Энтропия. Объединенная форма первого и второго законом термодинамики. Абсолютная шкала температур.

2.1.5. Термодинамические потенциалы. Дифференциальные соотношения для термодинамических потенциалов, соотношения Максвелла.

2.1.6. Равновесные термодинамические процессы в идеальном газе и их изображение на диаграммах. Цикл Карно, термодинамическая шкала температур.

2.1.7. Переход к равновесию и возрастание энтропии. Принцип максимальной работы. Понятие эксергии. Термодинамические неравенства, принцип Нернста.

2.1.8. Элементы термодинамики необратимых процессов. Основные положения термодинамики необратимых процессов. Соотношения взаимности. Термоэлектрические явления.

2.1.9. Термодинамические свойства вещества. Термодинамические и калорические свойства твердых тел, жидкостей, идеальных и реальных газов. Термодинамические диаграммы состояния веществ.

2.1.10. Химический потенциал. Фазовые превращения и условия равновесия. Правило фаз, диаграммы состояния. Уравнения Клапейрона Клаузиуса и Ван-дер-

Ваальса, критическая точка. Переход жидкость-пар в реальных газах. Свойства вещества вблизи критической точки (термодинамическое подобие). Закон соответственных состояний.

2.1.11. Дросселирование газов и паров. Сущность дросселирования и его уравнение. Изменение параметров в процессе дросселирования. Понятие об эффекте Джоуля-Томсона. Особенности дросселирования идеального и реального газов, температура инверсии.

2.1.12. Смеси, растворы. Свойства газовых смесей. Химический потенциал. Летучесть. Фазовое равновесие в растворах. Правило фаз. Идеальные растворы. Неидеальные растворы. Азеотропные растворы. Осмотическое давление. Критические явления в растворах. Примеры диаграмм состояния. Работа разделения.

2.1.13. Основы химической термодинамики. Термохимия. Закон Гесса. Уравнение Кирхгофа. Химическое равновесие и второй закон термодинамики. Константа равновесия. Равновесие в гетерогенных химически реагирующих системах. Термодинамические свойства химически реагирующих систем. Третий закон термодинамики. Расчет фазового равновесия с помощью 3-го закона термодинамики.

2.1.14. Термодинамика потока. Изэнтропическое одномерное стационарное движение газа. Истечение газа из сопел. Скачок уплотнения. Скорости распространения ударной волны и спутного потока за ней. Сужающийся сверхзвуковой поток. Расширяющийся сверхзвуковой поток.

2.1.15. Термодинамика теплового излучения. Закон Кирхгофа. Закон Вина. Закон Стефана-Больцмана.

2.2. СТАТИСТИЧЕСКАЯ ТЕРМОДИНАМИКА

2.2.1. Основные принципы статистики. Статистическое распределение. Теорема Лиувилля. Статистическое распределение в квантовой статистике. Энтропия и вероятность.

2.2.2. Распределение Гиббса. Распределение Максвелла. Свободная энергия в распределении Гиббса. Распределение Гиббса с переменным числом частиц. Вывод термодинамических отношений из распределения Гиббса.

2.2.3. Распределение Больцмана. Распределение Больцмана в классической статистике. Закон равнораспределения.

2.2.4. Распределение Ферми и Бозе. Распределение Ферми. Распределение Бозе. Неравновесные Ферми и Бозе-газы. Вырожденный электронный газ. Черное излучение.

2.2.5. Идеальный и неидеальные газы. Разложение по степеням плотности. Уравнение состояния газов и жидкостей. Взаимодействие молекул. Зависимость

межмолекулярной силы и потенциальной энергии от расстояния между молекулами. Вириальные коэффициенты. Разложение по степеням давления. Закон соответственных состояний. Уравнение ван дер Ваальса для жидкой фазы.

2.2.6. Кинетическая теория явлений переноса в разреженных газах. Кинетическое уравнение Больцмана и методы его решения. Метод Чепмена-Энскога. Сечения столкновения и интегралы столкновений для разных процессов переноса. Вязкость, теплопроводность и коэффициент диффузии газов.

2.3. ТЕХНИЧЕСКАЯ ТЕРМОДИНАМИКА

2.3.1. Методы термодинамического анализа эффективности энергетических систем. Метод коэффициента полезного действия. Энтропийный и эксергетический методы расчета потерь работоспособности.

2.3.2. Классификация компрессоров и принцип их действия. Индикаторная диаграмма; изобарическое, адиабатическое и политропическое сжатие. Полная работа, затрачиваемая на привод компрессора. Многоступенчатое сжатие. Изображение в P-V и T-S диаграммах термодинамических процессов в компрессорах. Относительный внутренний КПД компрессора.

2.3.3. Циклы двигателей внутреннего сгорания (ДВС). Цикл с изохорным, изобарным и смешанным подводом теплоты. Изображения циклов в P-V и T-S диаграммах. Термодинамический КПД циклов ДВС.

2.3.4. Циклы газотурбинных установок (ГТУ). Принцип действия ГТУ, циклы с изобарным подводом теплоты, регенеративные циклы. Изображения циклов в P-V и T-S диаграммах. Термодинамический КПД циклов ГТУ.

2.3.5. Циклы паротурбинных установок. Принципиальная схема паротурбинной установки. Цикл Ренкина и цикл Ренкина с промежуточным перегревом пара. Влияние начальных и конечных параметров на термический КПД цикла паротурбинной установки. Регенеративный цикл паротурбинной установки и его КПД. Теплофикационный цикл.

2.3.6. Циклы холодильных установок. Холодильные агенты, холодильный коэффициент и холодопроизводительность. Цикл воздушной холодильной установки. Цикл парокомпрессионной холодильной установки. Понятие об абсорбционной и пароэжекторной холодильных установках.

2.3.7. Установки трансформации теплоты. Абсорбционные и парокомпрессионные тепловые насосы.

2.4. ТЕОРИЯ ТЕПЛОМАСООБМЕНА

2.4.1. Предмет теории теплообмена. Области практических приложений. Процессы переноса энергии, количества движения и вещества. Основные виды переноса тепла и их механизм. Проблемы теории теплообмена, выдвигаемые современной техникой, пути их решения.

2.4.2. Теория теплопроводности. Гипотеза Фурье. Коэффициент теплопроводности. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Начальные и граничные условия.

Основные методы решения задач теплопроводности. Теплопроводность при стационарном и нестационарном режиме. Теорема Дюамеля. Применение метода аналогий к расчету температурных полей.

2.4.3. Основные уравнения динамики вязкой жидкости и конвективного теплообмена. Уравнения неразрывности, движения и энергии для сжимаемой вязкой жидкости. Начальные и граничные условия в задачах о движении жидкости и конвективном теплообмене. Гидродинамический, тепловой и диффузионный пограничные слои.

2.4.4. Теория подобия и метод анализа размерностей в теплопередаче. Условия подобия физических процессов. Метод анализа размерностей. Приведение математического описания процесса к безразмерному виду. Числа и критерии подобия.

2.4.5. Теплообмен при свободной конвекции. Теплопередача при свободном ламинарном движении вдоль вертикальной пластины. Теплопередача при свободном конвективном турбулентном движении.

2.4.6. Теплообмен при ламинарном течении жидкости в трубах. Теплообмен в круглой трубе при граничных условиях первого и второго рода.

2.4.7. Теплообмен и сопротивление при ламинарном пограничном слое в несжимаемой жидкости и потоке газа высокой скорости. Теплоотдача плоской пластины при постоянной температуре поверхности. Приближенные методы расчета теплообмена для произвольных законов изменения скорости и температуры стенки. Интегральное соотношение импульсов и энергии. Адиабатическая температура, теплоотдача и сопротивление трения пластинки в потоке газа высокой скорости.

2.4.8. Теплоотдача при вынужденном турбулентном течении жидкости. Полуэмпирические теории турбулентности. Коэффициенты турбулентного переноса импульса и тепла, турбулентное число Прандтля. Переход ламинарного течения в турбулентное течение в трубах и пограничном слое. Влияние переменных физических свойств жидкости на законы теплообмена. Теплообмен при внешнем обтекании тел. Гидродинамическая аналогия Рейнольдса.

2.4.9. Теплоотдача в разреженном газе. Число Кнудсена. Взаимодействие молекул с твердыми поверхностями. Коэффициенты аккомодации. Критерии подобия. Режимы течения, их зависимость от Kn , и M . Течение при малых числах Кнудсена. Скольжение и температурный скачок. Пограничный слой с учетом скольжения и скачка температур. Течение при больших числах Кнудсена. Свободномолекулярные течения в трубах. Истечение в вакуум.

2.4.10. Теплообмен при кипении однокомпонентной жидкости. Режимы кипения жидкости. Механизм процесса теплообмена при пузырьковом кипении. Размер критического зародыша и отрывной диаметр пузыря. Теплоотдача при пузырьковом кипении в условиях свободной конвекции. Критическая тепловая нагрузка. Теплообмен при пленочном кипении. Режимы течения и структура двухфазного потока при кипении в трубах. Теплоотдача при кипении жидкости в

трубах, влияние скорости движения жидкости. Кризисы теплоотдачи при кипении в трубах.

2.4.11. Теплообмен при конденсации пара. Пленочная и капельная конденсация. Теплообмен при капельной конденсации неподвижного пара на вертикальной стенке. Теплообмен при пленочной конденсации движущегося пара на горизонтальной одиночной трубе. Теплообмен при конденсации пара из парогазовой смеси.

2.4.12. Тепло- и массообмен в двухкомпонентных средах. Основные сведения о диффузии: перенос вещества и энергии в газовых смесях. Уравнение сохранения массы отдельных компонентов и уравнение энергии для двухкомпонентных сред. Тепло- и массоотдача. Диффузионные числа подобия и тройная аналогия. Понятие о диффузионном пограничном слое. Учет химических превращений в уравнениях сохранения.

2.4.13. Основные понятия и законы теплового излучения. Тепловое излучение и его свойства. Основные характеристики теплового излучения. Излучение реальных тел. Закон Кирхгофа. Закон Ламберта.

2.4.14. Теплообмен излучением между плоскими поверхностями неограниченных тел, разделенных прозрачной средой. Понятие углового коэффициента излучения. Закон Бугера. Уравнение переноса энергии излучения. Селективное и интегральное по спектру излучение. Особенности излучения газов и паров.

3. ШКАЛА ОЦЕНИВАНИЯ И МИНИМАЛЬНОЕ КОЛИЧЕСТВО БАЛЛОВ, ПОДТВЕРЖДАЮЩЕЕ УСПЕШНОСТЬ ПРОХОЖДЕНИЯ ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ

При выставлении оценки комиссия руководствуется следующими критериями:

Результаты вступительного испытания оцениваются по столбальной (100) шкале. Ответ на каждый экзаменационный вопрос оценивается по 25 бальной шкале. Минимальное количество баллов, подтверждающих успешное прохождение вступительного испытания, составляет 60 баллов. Шкала оценивания вступительного испытания приведена в таблице 3.1.

Таблица 3.1 — Шкала оценивания вступительного испытания

Критерии оценивания	Уровень компетентности	Оценка по национальной шкале	Сумма баллов по 100-бальной шкале
		экзамен	
Поступающий показывает в ответах на вопросы билета всесторонние, систематические и глубокие знания, проявляет способности свободно применять знания, умения и навыки в решении конкретных задач, при этом количество неправильных ответов на вопросы составляет не более 2 из 20-ти возможных.	Высокий	Отлично	90-100
Поступающий показывает в ответах на вопросы билета систематические знания, проявляет способности применять умения и навыки в решении конкретных задач, однако ответы на вопросы билета могут иметь незначительные упущения или неточности, при этом количество неправильных ответов на вопросы составляет от 3 до 6 из 20-ти возможных.	Достаточный	Хорошо	70-89
Поступающий показывает в ответах на вопросы билета знания и умения, характеризующие общие представления и элементарное понимание существа поставленных вопросов, обозначивший подходы и приёмы решения практического задания, при этом количество неправильных ответов на вопросы составляет от 6 до 7 из 20-ти возможных.	Средний	Удовлетворительно	60-69
Поступающий показывает в ответах на вопросы билета существенные пробелы в подготовке, допускает принципиальные ошибки в решении или невозможность самостоятельно выполнить практическое задание, при этом количество неправильных ответов на вопросы составляет от 8 до 20 из 20-ти возможных.	Низкий	Неудовлетворительно	0-59

Оценка *«отлично» (90-100 баллов)* выставляется в том случае, если абитуриент обнаружил всестороннее, систематическое и глубокое знание материала, умение свободно выполнять задания, усвоил основную литературу и знаком с дополнительной литературой, рекомендованной данной программой, усвоил взаимосвязь основных понятий физики в их значении для приобретаемой профессии, проявил творческие способности в понимании, изложении и использовании учебно-программного материала.

Оценка *«хорошо» (70-89 баллов)* выставляется в том случае, если студент обнаружил полное знание вопросов физики, успешно выполнил предусмотренные тестовые задания, показал систематический характер знаний по физике и способен к их самостоятельному пополнению и обновлению в ходе дальнейшей учебной работы и профессиональной деятельности.

Оценка *«удовлетворительно» 60-69 баллов)* выставляется в том случае, если студент обнаружил знание основ физики в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, справился с выполнением тестовых заданий, знаком с основной литературой, рекомендованной данной программой, допустил погрешности в ответе на экзамене и при выполнении экзаменационных заданий, но обладает необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя.

Оценка *«неудовлетворительно» (менее 60 баллов)* выставляется в том случае, если студент обнаружил значительные пробелы в знаниях основ физики, допустил принципиальные ошибки в выполнении тестовых заданий и не способен продолжить обучение по физике.

4. СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ВСТУПИТЕЛЬНОМУ ИСПЫТАНИЮ

Основная литература:

1. Теория тепломассообмена /Под ред. А.И. Леонтьева. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1997.
2. Кириллин В.А., Сычев В.В., Шейндлин А.Е. Техническая термодинамика. Изд. 4-е. М.: Энергоатомиздат, 1983.
3. Цветков Ф.Ф., Григорьев Б.А. Тепломассообмен: Учеб, пособие для вузов. М.: Изд-во МЭИ, 2001.
4. Сычев В.В. Дифференциальные уравнения термодинамики. Изд. 2-е. М.: Высш. шк., 1991.
5. Теплоэнергетика и теплотехника (справочная серия). В 4 книгах. Книга вторая. Теоретические основы теплотехники. Теплотехнический эксперимент. М.: Изд-во МЭИ, 2001.
6. Ландау Л.Д. и Лифшиц Е.М. Гидродинамика. М.: Наука, 1986. 736

Дополнительная литература:

1. Кутателадзе С.С. Основы теории теплообмена. М.: Атомиздат, 1979.
2. Цветков Ф.Ф., Григорьев Б.А. Тепломассообмен: Учеб, пособие для вузов. М.: Изд-во МЭИ, 2001.