

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Новиков Денис Владимирович

Должность: Директор филиала

Дата подписания: 11.11.2024 11:15:00

Уникальный программный ключ:

3357c0e440c44693e95269ac7a9678e5023e60



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
МОРСКОГО И РЕЧНОГО  
ТРАНСПОРТА**

**Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«Волжский государственный университет  
водного транспорта»  
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)**

**Кафедра эксплуатации  
судовых энергетических установок**

5 семестр 3 курса 2024/25 учебного года

**Экзаменационный билет № 1**

**по дисциплине**

**ТЕХНИЧЕСКАЯ ТЕРМОДИНАМИКА  
И ТЕПЛОПЕРЕДАЧА**

Специальность 26.05.06 Эксплуатация судовых  
энергетических установок

- 1 Термодинамическая система. Рабочее тело.
- 2 Градиент температуры. Теплопроводность. Уравнение Фурье. Тепловой поток. Плотность теплового потока

Зав. кафедрой ЭСЭУ

Ю.И. Матвеев



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
МОРСКОГО И РЕЧНОГО  
ТРАНСПОРТА**

**Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«Волжский государственный университет  
водного транспорта»  
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)**

**Кафедра эксплуатации  
судовых энергетических установок**

5 семестр 3 курса 2024/25 учебного года

**Экзаменационный билет № 2**

**по дисциплине**

**ТЕХНИЧЕСКАЯ ТЕРМОДИНАМИКА  
И ТЕПЛОПЕРЕДАЧА**

Специальность 26.05.06 Эксплуатация судовых  
энергетических установок

- 1 Понятие об идеальном газе. Уравнение состояния идеального газа.
- 2 Дифференциальное уравнение теплопроводности (вывод и значение в научных исследованиях теплопроводности)

Зав. кафедрой ЭСЭУ

Ю.И. Матвеев



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
МОРСКОГО И РЕЧНОГО  
ТРАНСПОРТА**

**Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«Волжский государственный университет  
водного транспорта»  
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)**

**Кафедра эксплуатации  
судовых энергетических установок**

5 семестр 3 курса 2024/25 учебного года

**Экзаменационный билет № 3**

**по дисциплине**

**ТЕХНИЧЕСКАЯ ТЕРМОДИНАМИКА  
И ТЕПЛОПЕРЕДАЧА**

Специальность 26.05.06 Эксплуатация судовых  
энергетических установок

- 1 Параметры состояния идеального газа.
- 2 Дифференциальное уравнение для стационарного режима теплопроводности

Зав. кафедрой ЭСЭУ

Ю.И. Матвеев



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
МОРСКОГО И РЕЧНОГО  
ТРАНСПОРТА**

**Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«Волжский государственный университет  
водного транспорта»  
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)**

**Кафедра эксплуатации  
судовых энергетических установок**

5 семестр 3 курса 2024/25 учебного года

**Экзаменационный билет № 4**

**по дисциплине**

**ТЕХНИЧЕСКАЯ ТЕРМОДИНАМИКА  
И ТЕПЛОПЕРЕДАЧА**

Специальность 26.05.06 Эксплуатация судовых  
энергетических установок

- 1 Определение газовой смеси. Закон Дальтона. Парциальное давление и парциальный объем идеального газа.
- 2 Условия однозначности. Граничные условия (Способы их задания при исследовании теплопроводности)

Зав. кафедрой ЭСЭУ

Ю.И. Матвеев



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
МОРСКОГО И РЕЧНОГО  
ТРАНСПОРТА**

**Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«Волжский государственный университет  
водного транспорта»  
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)**

**Кафедра эксплуатации  
судовых энергетических установок**

5 семестр 3 курса 2024/25 учебного года

**Экзаменационный билет № 5**

**по дисциплине**

**ТЕХНИЧЕСКАЯ ТЕРМОДИНАМИКА  
И ТЕПЛОПЕРЕДАЧА**

Специальность 26.05.06 Эксплуатация судовых  
энергетических установок

- 1 Способы задания состава газовой смеси. Кажущаяся молярная масса, газовая постоянная и плотность газовой смеси.
- 2 Распределение температуры по толщине плоской и цилиндрической стенки

Зав. кафедрой ЭСЭУ

Ю.И. Матвеев



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
МОРСКОГО И РЕЧНОГО  
ТРАНСПОРТА**

**Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«Волжский государственный университет  
водного транспорта»  
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)**

**Кафедра эксплуатации  
судовых энергетических установок**

5 семестр 3 курса 2024/25 учебного года

**Экзаменационный билет № 6**

**по дисциплине**

**ТЕХНИЧЕСКАЯ ТЕРМОДИНАМИКА  
И ТЕПЛОПЕРЕДАЧА**

Специальность 26.05.06 Эксплуатация судовых  
энергетических установок

- 1 Принцип эквивалентности и формулировки первого начала термодинамики.
- 2 Конвекция как способ распространения теплоты в природе. Коэффициент теплоотдачи

Зав. кафедрой ЭСЭУ

Ю.И. Матвеев



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
МОРСКОГО И РЕЧНОГО  
ТРАНСПОРТА**

**Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«Волжский государственный университет  
водного транспорта»  
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)**

**Кафедра эксплуатации  
судовых энергетических установок**

5 семестр 3 курса 2024/25 учебного года

**Экзаменационный билет № 7**

**по дисциплине**

**ТЕХНИЧЕСКАЯ ТЕРМОДИНАМИКА  
И ТЕПЛОПЕРЕДАЧА**

Специальность 26.05.06 Эксплуатация судовых  
энергетических установок

- 1 Работа изменения объема и техническая работа. Изображение их на рv-диаграмме.
- 2 Теория подобия при исследовании конвективного теплообмена. Теоремы подобия. Р-теорема. Критерии подобия

Зав. кафедрой ЭСЭУ

Ю.И. Матвеев



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
МОРСКОГО И РЕЧНОГО  
ТРАНСПОРТА**

**Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«Волжский государственный университет  
водного транспорта»  
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)**

**Кафедра эксплуатации  
судовых энергетических установок**

5 семестр 3 курса 2024/25 учебного года

**Экзаменационный билет № 8**

**по дисциплине**

**ТЕХНИЧЕСКАЯ ТЕРМОДИНАМИКА  
И ТЕПЛОПЕРЕДАЧА**

Специальность 26.05.06 Эксплуатация судовых  
энергетических установок

- 1 Теплота. T-s - диаграмма.
- 2 Определяющая температура и определяющий размер

Зав. кафедрой ЭСЭУ

Ю.И. Матвеев



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
МОРСКОГО И РЕЧНОГО  
ТРАНСПОРТА**

**Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«Волжский государственный университет  
водного транспорта»  
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)**

**Кафедра эксплуатации  
судовых энергетических установок**

5 семестр 3 курса 2024/25 учебного года

**Экзаменационный билет № 9**

**по дисциплине**

**ТЕХНИЧЕСКАЯ ТЕРМОДИНАМИКА  
И ТЕПЛОПЕРЕДАЧА**

Специальность 26.05.06 Эксплуатация судовых  
энергетических установок

- 1    Внутренняя энергия идеального и реального газов.
- 2    Режимы течения жидкости (газа) и их влияние на теплоотдачу (методы исследований)

Зав. кафедрой ЭСЭУ

Ю.И. Матвеев



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
МОРСКОГО И РЕЧНОГО  
ТРАНСПОРТА**

**Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«Волжский государственный университет  
водного транспорта»  
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)**

**Кафедра эксплуатации  
судовых энергетических установок**

5 семестр 3 курса 2024/25 учебного года

**Экзаменационный билет № 10**

**по дисциплине**

**ТЕХНИЧЕСКАЯ ТЕРМОДИНАМИКА  
И ТЕПЛОПЕРЕДАЧА**

Специальность 26.05.06 Эксплуатация судовых  
энергетических установок

- 1 Теплоемкость истинная и средняя.
- 2 Гидродинамический пограничный слой. Тепловой пограничный слой

Зав. кафедрой ЭСЭУ

Ю.И. Матвеев



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
МОРСКОГО И РЕЧНОГО  
ТРАНСПОРТА**

**Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«Волжский государственный университет  
водного транспорта»  
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)**

**Кафедра эксплуатации  
судовых энергетических установок**

5 семестр 3 курса 2024/25 учебного года

**Экзаменационный билет № 11**

**по дисциплине**

**ТЕХНИЧЕСКАЯ ТЕРМОДИНАМИКА  
И ТЕПЛОПЕРЕДАЧА**

Специальность 26.05.06 Эксплуатация судовых  
энергетических установок

- 1 Уравнение Майера и его физический смысл.
- 2 Формирование пограничного слоя при обтекании плоской поверхности и его влияние на теплоотдачу

Зав. кафедрой ЭСЭУ

Ю.И. Матвеев



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
МОРСКОГО И РЕЧНОГО  
ТРАНСПОРТА**

**Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«Волжский государственный университет  
водного транспорта»  
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)**

**Кафедра эксплуатации  
судовых энергетических установок**

5 семестр 3 курса 2024/25 учебного года

**Экзаменационный билет № 12**

**по дисциплине**

**ТЕХНИЧЕСКАЯ ТЕРМОДИНАМИКА  
И ТЕПЛОПЕРЕДАЧА**

Специальность 26.05.06 Эксплуатация судовых  
энергетических установок

- 1 Уравнения первого начала термодинамики.
- 2 Теплоотдача при обтекании одиночной трубы (описание процесса и закономерности протекания)

Зав. кафедрой ЭСЭУ

Ю.И. Матвеев



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
МОРСКОГО И РЕЧНОГО  
ТРАНСПОРТА**

**Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«Волжский государственный университет  
водного транспорта»  
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)**

**Кафедра эксплуатации  
судовых энергетических установок**

5 семестр 3 курса 2024/25 учебного года

**Экзаменационный билет № 13**

**по дисциплине**

**ТЕХНИЧЕСКАЯ ТЕРМОДИНАМИКА  
И ТЕПЛОПЕРЕДАЧА**

Специальность 26.05.06 Эксплуатация судовых  
энергетических установок

- 1 Изохорный процесс изменения состояния идеального газа.
- 2 Пучки труб. Теплоотдача при обтекании пучка труб (описание процесса и закономерности протекания)

Зав. кафедрой ЭСЭУ

Ю.И. Матвеев



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
МОРСКОГО И РЕЧНОГО  
ТРАНСПОРТА**

**Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«Волжский государственный университет  
водного транспорта»  
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)**

**Кафедра эксплуатации  
судовых энергетических установок**

5 семестр 3 курса 2024/25 учебного года

**Экзаменационный билет № 14**

**по дисциплине**

**ТЕХНИЧЕСКАЯ ТЕРМОДИНАМИКА  
И ТЕПЛОПЕРЕДАЧА**

Специальность 26.05.06 Эксплуатация судовых  
энергетических установок

- 1 Изобарный процесс изменения состояния идеального газа.
- 2 Влияние угла атаки на теплоотдачу при обтекании труб и трубных пучков

Зав. кафедрой ЭСЭУ

Ю.И. Матвеев



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
МОРСКОГО И РЕЧНОГО  
ТРАНСПОРТА**

**Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«Волжский государственный университет  
водного транспорта»  
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)**

**Кафедра эксплуатации  
судовых энергетических установок**

5 семестр 3 курса 2024/25 учебного года

**Экзаменационный билет № 15**

**по дисциплине**

**ТЕХНИЧЕСКАЯ ТЕРМОДИНАМИКА  
И ТЕПЛОПЕРЕДАЧА**

Специальность 26.05.06 Эксплуатация судовых  
энергетических установок

- 1 Изотермический процесс изменения состояния идеального газа.
- 2 Расчет коэффициента теплоотдачи при поперечном обтекании трубного пучка

Зав. кафедрой ЭСЭУ

Ю.И. Матвеев



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
МОРСКОГО И РЕЧНОГО  
ТРАНСПОРТА**

**Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«Волжский государственный университет  
водного транспорта»  
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)**

**Кафедра эксплуатации  
судовых энергетических установок**

5 семестр 3 курса 2024/25 учебного года

**Экзаменационный билет № 16**

**по дисциплине**

**ТЕХНИЧЕСКАЯ ТЕРМОДИНАМИКА  
И ТЕПЛОПЕРЕДАЧА**

Специальность 26.05.06 Эксплуатация судовых  
энергетических установок

- 1 Адиабатный процесс изменения состояния идеального газа.
- 2 Тепловое излучение. Механизм переноса теплоты излучением

Зав. кафедрой ЭСЭУ

Ю.И. Матвеев



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
МОРСКОГО И РЕЧНОГО  
ТРАНСПОРТА**

**Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«Волжский государственный университет  
водного транспорта»  
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)**

**Кафедра эксплуатации  
судовых энергетических установок**

5 семестр 3 курса 2024/25 учебного года

**Экзаменационный билет № 17**

**по дисциплине**

**ТЕХНИЧЕСКАЯ ТЕРМОДИНАМИКА  
И ТЕПЛОПЕРЕДАЧА**

Специальность 26.05.06 Эксплуатация судовых  
энергетических установок

- 1 Политропный процесс. Вывод уравнения политропного процесса. Соотношение параметров в политропном процессе.
- 2 Абсолютно черные, абсолютно белые (абсолютно зеркальные), абсолютно прозрачные тела

Зав. кафедрой ЭСЭУ

Ю.И. Матвеев



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
МОРСКОГО И РЕЧНОГО  
ТРАНСПОРТА**

**Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«Волжский государственный университет  
водного транспорта»  
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)**

**Кафедра эксплуатации  
судовых энергетических установок**

5 семестр 3 курса 2024/25 учебного года

**Экзаменационный билет № 18**

**по дисциплине**

**ТЕХНИЧЕСКАЯ ТЕРМОДИНАМИКА  
И ТЕПЛОПЕРЕДАЧА**

Специальность 26.05.06 Эксплуатация судовых  
энергетических установок

- 1 Обобщающее значение политропного процесса. Графическая зависимость политропной теплоемкости от показателя политропы и ее анализ.
- 2 Серые тела. Коэффициент излучения черного и серого тела. Степень черноты

Зав. кафедрой ЭСЭУ

Ю.И. Матвеев



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
МОРСКОГО И РЕЧНОГО  
ТРАНСПОРТА**

**Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«Волжский государственный университет  
водного транспорта»  
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)**

**Кафедра эксплуатации  
судовых энергетических установок**

5 семестр 3 курса 2024/25 учебного года

**Экзаменационный билет № 19**

**по дисциплине**

**ТЕХНИЧЕСКАЯ ТЕРМОДИНАМИКА  
И ТЕПЛОПЕРЕДАЧА**

Специальность 26.05.06 Эксплуатация судовых  
энергетических установок

- 1 Группы политропных процессов. Их особенности. Область значений политропных теплоемкостей для групп политропных процессов.
- 2 Основные законы излучения: закон Планка, закон смещения Вина, закон Стефана – Больцмана

Зав. кафедрой ЭСЭУ

Ю.И. Матвеев



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
МОРСКОГО И РЕЧНОГО  
ТРАНСПОРТА**

**Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«Волжский государственный университет  
водного транспорта»  
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)**

**Кафедра эксплуатации  
судовых энергетических установок**

5 семестр 3 курса 2024/25 учебного года

**Экзаменационный билет № 20**

**по дисциплине**

**ТЕХНИЧЕСКАЯ ТЕРМОДИНАМИКА  
И ТЕПЛОПЕРЕДАЧА**

Специальность 26.05.06 Эксплуатация судовых  
энергетических установок

- 1 Понятие о качестве энергии. Группы видов энергии. Эксергия и анергия. Формулировки второго начала термодинамики.
- 2 Теплообмен излучением между телами. Защита от теплового излучения. Экраны

Зав. кафедрой ЭСЭУ

Ю.И. Матвеев



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
МОРСКОГО И РЕЧНОГО  
ТРАНСПОРТА**

**Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«Волжский государственный университет  
водного транспорта»  
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)**

**Кафедра эксплуатации  
судовых энергетических установок**

5 семестр 3 курса 2024/25 учебного года

**Экзаменационный билет № 21**

**по дисциплине**

**ТЕХНИЧЕСКАЯ ТЕРМОДИНАМИКА  
И ТЕПЛОПЕРЕДАЧА**

Специальность 26.05.06 Эксплуатация судовых  
энергетических установок

- 1 Прямые и обратные циклы. Термический КПД и холодильный коэффициент.
- 2 Теплообмен излучением в газовой среде. Излучение газов, входящих в продукты сгорания топлива

Зав. кафедрой ЭСЭУ

Ю.И. Матвеев



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
МОРСКОГО И РЕЧНОГО  
ТРАНСПОРТА**

**Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«Волжский государственный университет  
водного транспорта»  
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)**

**Кафедра эксплуатации  
судовых энергетических установок**

5 семестр 3 курса 2024/25 учебного года

**Экзаменационный билет № 22**

**по дисциплине**

**ТЕХНИЧЕСКАЯ ТЕРМОДИНАМИКА  
И ТЕПЛОПЕРЕДАЧА**

Специальность 26.05.06 Эксплуатация судовых  
энергетических установок

- 1 Вывод уравнения термического КПД прямого обратимого цикла Карно и его анализ.
- 2 Теплопередача. Коэффициенты теплоотдачи и теплопередачи

Зав. кафедрой ЭСЭУ

Ю.И. Матвеев



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
МОРСКОГО И РЕЧНОГО  
ТРАНСПОРТА**

**Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«Волжский государственный университет  
водного транспорта»  
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)**

**Кафедра эксплуатации  
судовых энергетических установок**

5 семестр 3 курса 2024/25 учебного года

**Экзаменационный билет № 23**

**по дисциплине**

**ТЕХНИЧЕСКАЯ ТЕРМОДИНАМИКА  
И ТЕПЛОПЕРЕДАЧА**

Специальность 26.05.06 Эксплуатация судовых  
энергетических установок

- 1 Обратный обратимый цикл Карно. Вывод формулы холодильного коэффициента.
- 2 Градиент температуры. Теплопроводность. Уравнение Фурье. Тепловой поток. Плотность теплового потока

Зав. кафедрой ЭСЭУ

Ю.И. Матвеев



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
МОРСКОГО И РЕЧНОГО  
ТРАНСПОРТА**

**Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«Волжский государственный университет  
водного транспорта»  
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)**

**Кафедра эксплуатации  
судовых энергетических установок**

5 семестр 3 курса 2024/25 учебного года

**Экзаменационный билет № 24**

**по дисциплине**

**ТЕХНИЧЕСКАЯ ТЕРМОДИНАМИКА  
И ТЕПЛОПЕРЕДАЧА**

Специальность 26.05.06 Эксплуатация судовых  
энергетических установок

- 1 Процесс парообразования и изображение его на  $p$ - $v$ -,  $T$ - $s$ - и  $h$ - $s$ -диаграмме.
- 2 Дифференциальное уравнение теплопроводности (вывод и значение в научных исследованиях теплопроводности)

Зав. кафедрой ЭСЭУ

Ю.И. Матвеев



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
МОРСКОГО И РЕЧНОГО  
ТРАНСПОРТА**

**Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«Волжский государственный университет  
водного транспорта»  
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)**

**Кафедра эксплуатации  
судовых энергетических установок**

5 семестр 3 курса 2024/25 учебного года

**Экзаменационный билет № 25**

**по дисциплине**

**ТЕХНИЧЕСКАЯ ТЕРМОДИНАМИКА  
И ТЕПЛОПЕРЕДАЧА**

Специальность 26.05.06 Эксплуатация судовых  
энергетических установок

- 1 Определение степени сухости пара. По каким формулам определяются параметры  $v_x$ ,  $u_x$ ,  $h_x$  и  $s_x$  влажного пара?
- 2 Дифференциальное уравнение для стационарного режима теплопроводности

Зав. кафедрой ЭСЭУ

Ю.И. Матвеев



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
МОРСКОГО И РЕЧНОГО  
ТРАНСПОРТА**

**Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«Волжский государственный университет  
водного транспорта»  
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)**

**Кафедра эксплуатации  
судовых энергетических установок**

5 семестр 3 курса 2024/25 учебного года

**Экзаменационный билет № 26**

**по дисциплине**

**ТЕХНИЧЕСКАЯ ТЕРМОДИНАМИКА  
И ТЕПЛОПЕРЕДАЧА**

Специальность 26.05.06 Эксплуатация судовых  
энергетических установок

- 1 Изохорный, изобарный, изотермический и адиабатный процессы изменения состояния водяного пара и изображение их на  $p$ - $v$ -,  $T$ - $s$ - и  $h$ - $s$ -диаграмме.
- 2 Условия однозначности. Граничные условия (Способы их задания при исследовании теплопроводности)

Зав. кафедрой ЭСЭУ

Ю.И. Матвеев



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
МОРСКОГО И РЕЧНОГО  
ТРАНСПОРТА**

**Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«Волжский государственный университет  
водного транспорта»  
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)**

**Кафедра эксплуатации  
судовых энергетических установок**

5 семестр 3 курса 2024/25 учебного года

**Экзаменационный билет № 27**

**по дисциплине**

**ТЕХНИЧЕСКАЯ ТЕРМОДИНАМИКА  
И ТЕПЛОПЕРЕДАЧА**

Специальность 26.05.06 Эксплуатация судовых  
энергетических установок

- 1 Влияние характеристик цикла на величину термического КПД поршневых ДВС.
- 2 Распределение температуры по толщине плоской и цилиндрической стенки

Зав. кафедрой ЭСЭУ

Ю.И. Матвеев



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
МОРСКОГО И РЕЧНОГО  
ТРАНСПОРТА**

**Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«Волжский государственный университет  
водного транспорта»  
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)**

**Кафедра эксплуатации  
судовых энергетических установок**

5 семестр 3 курса 2024/25 учебного года

**Экзаменационный билет № 28**

**по дисциплине**

**ТЕХНИЧЕСКАЯ ТЕРМОДИНАМИКА  
И ТЕПЛОПЕРЕДАЧА**

Специальность 26.05.06 Эксплуатация судовых  
энергетических установок

- 1 Схема и цикл ГТУ с изобарным подводом теплоты. Вывод формулы термического КПД
- 2 Конвекция как способ распространения теплоты в природе. Коэффициент теплоотдачи

Зав. кафедрой ЭСЭУ

Ю.И. Матвеев



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
МОРСКОГО И РЕЧНОГО  
ТРАНСПОРТА**

**Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«Волжский государственный университет  
водного транспорта»  
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)**

**Кафедра эксплуатации  
судовых энергетических установок**

5 семестр 3 курса 2024/25 учебного года

**Экзаменационный билет № 29**

**по дисциплине**

**ТЕХНИЧЕСКАЯ ТЕРМОДИНАМИКА  
И ТЕПЛОПЕРЕДАЧА**

Специальность 26.05.06 Эксплуатация судовых  
энергетических установок

- 1 Вывод формулы термического КПД цикла ГТУ с изохорным подводом теплоты. Температурный фактор.
- 2 Режимы течения жидкости (газа) и их влияние на теплоотдачу (методы исследований)

Зав. кафедрой ЭСЭУ

Ю.И. Матвеев



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
МОРСКОГО И РЕЧНОГО  
ТРАНСПОРТА**

**Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«Волжский государственный университет  
водного транспорта»  
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)**

**Кафедра эксплуатации  
судовых энергетических установок**

5 семестр 3 курса 2024/25 учебного года

**Экзаменационный билет № 30**

**по дисциплине**

**ТЕХНИЧЕСКАЯ ТЕРМОДИНАМИКА  
И ТЕПЛОПЕРЕДАЧА**

Специальность 26.05.06 Эксплуатация судовых  
энергетических установок

- 1 Вывод формулы термического КПД идеального цикла поршневого ДВС со смешанным подводом теплоты.
- 2 Гидродинамический пограничный слой. Тепловой пограничный слой

Зав. кафедрой ЭСЭУ

Ю.И. Матвеев



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
МОРСКОГО И РЕЧНОГО  
ТРАНСПОРТА**

**Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«Волжский государственный университет  
водного транспорта»  
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)**

**Кафедра эксплуатации  
судовых энергетических установок**

5 семестр 3 курса 2024/25 учебного года

**Экзаменационный билет № 31**

**по дисциплине**

**ТЕХНИЧЕСКАЯ ТЕРМОДИНАМИКА  
И ТЕПЛОПЕРЕДАЧА**

Специальность 26.05.06 Эксплуатация судовых  
энергетических установок

- 1 Вывод формулы термического КПД идеального цикла поршневого ДВС с изохорным подводом теплоты.
- 2 Теплоотдача при обтекании одиночной трубы (описание процесса и закономерности протекания)

Зав. кафедрой ЭСЭУ

Ю.И. Матвеев



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
МОРСКОГО И РЕЧНОГО  
ТРАНСПОРТА**

**Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«Волжский государственный университет  
водного транспорта»  
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)**

**Кафедра эксплуатации  
судовых энергетических установок**

5 семестр 3 курса 2024/25 учебного года

**Экзаменационный билет № 32**

**по дисциплине**

**ТЕХНИЧЕСКАЯ ТЕРМОДИНАМИКА  
И ТЕПЛОПЕРЕДАЧА**

Специальность 26.05.06 Эксплуатация судовых  
энергетических установок

- 1 Влияние характеристик цикла на величину термического КПД поршневых ДВС.
- 2 Серые тела. Коэффициент излучения черного и серого тела. Степень черноты

Зав. кафедрой ЭСЭУ

Ю.И. Матвеев

ФГБОУ ВО «Волжский государственный университет  
водного транспорта»

**О.П. Шураев**

**ТЕХНИЧЕСКАЯ ТЕРМОДИНАМИКА  
И ТЕПЛОПЕРЕДАЧА**

**ВОПРОСЫ  
ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО ИЗУЧЕНИЯ**

Учебно-методическое пособие

Нижний Новгород  
Издательство ФГБОУ ВО «ВГУВТ»

2016

УДК 621.1

Ш96

Рецензент – доц., к.т.н. С.Н. Валиулин

Шураев О.П. Техническая термодинамика и теплопередача: вопросы для самостоятельного изучения. Учебно-методическое пособие. – Н. Новгород: Изд-во ФГБОУ ВО «ВГУВТ», 2016. – 22 с.

Учебно-методическое пособие содержит список вопросов для самостоятельного изучения курса дисциплины «Техническая термодинамика и теплопередача» студентами очного и заочного обучения.

Для студентов специальности «эксплуатация судовых энергетических установок». Пособие может быть полезно студентам других специальностей при изучении соответствующих разделов теплотехнических дисциплин и подготовке к экзамену.

Печатается по решению кафедры эксплуатации судовых энергетических установок. Протокол № 1 от 27.10.2016.

© Шураев О.П., 2016

© ФГБОУ ВО «ВГУВТ», 2016

## ВЫБОР ВАРИАНТА

Настоящее учебно-методическое пособие содержит набор вопросов по курсу дисциплины «Техническая термодинамика и теплопередача». Все вопросы сгруппированы в два раздела. Первый раздел содержит вопросы по технической термодинамике, во второй вошли вопросы, касающиеся теплопередачи и теплообменных аппаратов.

Самостоятельная работа при изучении дисциплины заключается в поиске информации и оформлении ответов на поставленные вопросы в виде отчета. Отчет оформляется на листах формата А4, которые перед сдачей отчета должны быть обязательно скреплены между собой. Отчет должен иметь титульный лист, образец которого показан на рисунке. При оформлении ответов вначале следует записать формулировку вопроса. Ответ следует давать по существу вопроса, дополняя в необходимых случаях графиками и схемами.

Каждый раздел дисциплины содержит восемь тем, согласно которым сгруппированы блоки из 20 вопросов. Выбор вопросов осуществляется согласно номеру зачетной книжки студента и таблицы.

Таблица – Выбор вопросов для самостоятельной работы

Третья справа цифра в номере зачетной книжки	Блоки вопросов из раздела «Техническая термодинамика»	Блоки вопросов из раздела «Теплопередача»	Две цифры справа в номере зачетной книжки	Номер вопроса в блоке
Нечетная	1, 3, 5, 7	2, 4, 6, 8	01, 21, 41, 61, 81	1
			02, 22, 42, 62, 82	2
			03, 23, 43, 63, 83	3
			04, 24, 44, 64, 84	4
			05, 25, 45, 65, 85	5
			06, 26, 46, 66, 86	6
			07, 27, 47, 67, 87	7
			08, 28, 48, 68, 88	8
			09, 29, 49, 69, 89	9
			10, 30, 50, 70, 90	10
Четная или 0	2, 4, 6, 8	1, 3, 5, 7	11, 31, 51, 71, 91	11
			12, 32, 52, 72, 92	12
			13, 33, 53, 73, 93	13
			14, 34, 54, 74, 94	14
			15, 35, 55, 75, 95	15
			16, 36, 56, 76, 96	16
			17, 37, 57, 77, 97	17
			18, 38, 58, 78, 98	18
			19, 39, 59, 79, 99	19
			20, 40, 60, 80, 00	20

В итоге, отчет о самостоятельной работе должен содержать ответы на 8 вопросов.

ФГБОУ ВО «Волжский государственный университет водного транспорта»

**ОТЧЕТ**

**О САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ**

по дисциплине «Техническая термодинамика и теплопередача»

Техническая термодинамика		Теплопередача	
Блок вопросов	Оценка	Блок вопросов	Оценка

Выполнил студент - ..., шифр ....

Проверил - ...

Город – год

Рисунок – Образец оформления титульного листа

**РАЗДЕЛ I. ТЕХНИЧЕСКАЯ ТЕРМОДИНАМИКА**  
**БЛОК 1. ПАРАМЕТРЫ СОСТОЯНИЯ РАБОЧЕГО ТЕЛА.**  
**ИДЕАЛЬНЫЙ ГАЗ**

- .1 Какие основные задачи технической термодинамики?
- .2 Какие требования предъявляются к термодинамической системе?
- .3 Какие параметры характеризуют термодинамическое состояние рабочего тела?
- .4 В чем различие между интенсивными и экстенсивными физическими величинами?
- .5 Какой физический смысл каждого параметра состояния рабочего тела?
- .6 Что такое равновесное состояние?
- .7 Какой газ называют идеальным?
- .8 Чем реальные газы отличаются от идеальных?
- .9 Что представляет собой уравнение состояния рабочего тела?
- .10 Запишите уравнение Клапейрона. В чем смысл обобщения уравнения Клапейрона Д.И. Менделеевым?
- .11 Охарактеризуйте область применения уравнения состояния идеального газа.
- .12 Каковы размерности и физический смысл газовой постоянной и универсальной газовой постоянной?
- .13 Какая существует зависимость между удельным объемом, плотностью, молярной массой и газовой постоянной?
- .14 Как отображается текущее состояние термодинамической системы в  $p$ - $v$ - $T$  координатах?
- .15 Как отображается совокупность равновесных состояний термодинамической системы в  $p$ - $v$ - $T$  координатах?
- .16 Что такое газовая смесь?
- .17 Какими способами можно задать состав газовой смеси?
- .18 Как применить уравнение состояния идеального газа к смеси газов?
- .19 Что называют парциальным давлением и парциальным объемом?
- .20 Как определить кажущуюся молярную массу смеси и газовую постоянную смеси?

## **БЛОК 2. ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС. ФУНКЦИИ ПРОЦЕССА И ФУНКЦИИ СОСТОЯНИЯ.**

### **I НАЧАЛО ТЕРМОДИНАМИКИ**

- .1 Что называется термодинамическим процессом?
- .2 Какой термодинамический процесс называют равновесным? Можно ли привести примеры равновесных процессов в технике?
- .3 Какие процессы называют квазистатическими? Приведите примеры квазистатических процессов.
- .4 Какие процессы называют обратимыми?
- .5 Что представляют собой диаграммы состояний?
- .6 Как отображается на диаграммах состояний равновесное состояние и равновесный термодинамический процесс?
- .7 Какую роль играет при исследовании термодинамических процессов диаграмма в координатах  $p$ - $v$ ?
- .8 Как на  $p$ - $v$  диаграмме изображаются процессы расширения и сжатия рабочего тела?
- .9 Что называется функцией процесса? Что называется функцией состояния?
- .10 Что представляет собой работа? В каких единицах она измеряется?
- .11 Что представляет собой теплота? работа? В каких единицах она измеряется?
- .12 В чем суть принципа эквивалентности теплоты и работы?
- .13 Что представляет собой энтропия? О чем можно сказать, зная изменение энтропии в термодинамическом процессе?
- .14 Приведите некоторые формулировки I начала термодинамики?
- .15 В чем заключается практическая значимость I начала термодинамики?
- .16 Что понимается под внутренней энергией идеального и реального газа?
- .17 От каких параметров состояния зависит внутренняя энергия реального и идеального газа?
- .18 Какая термодинамическая система называется открытой, а какая закрытой? Запишите выражения I начала термодинамики для открытой и закрытой термодинамических систем.
- .19 Что такое энтальпия и от каких параметров она зависит?
- .20 Как определяют изменение внутренней энергии и энтальпии для идеального газа?

### БЛОК 3. ТЕПЛОЕМКОСТЬ ГАЗОВ

- .1 Что представляет собой теплоемкость тела?
- .2 Чем отличается средняя теплоемкость от истинной и когда применяют на практике ту и другую?
- .3 Что представляет собой удельная теплоемкость тела?
- .4 Что представляет собой объемная теплоемкость тела?
- .5 Что представляет собой молярная теплоемкость тела?
- .6 Теплоемкость – это функция состояния или функция процесса? Дайте развернутый ответ.
- .7 В каких пределах изменяется теплоемкость рабочего тела?
- .8 Что представляет собой теплоемкость при постоянном давлении?
- .9 Что представляет собой теплоемкость при постоянном объеме?
- .10 Почему не составляются таблицы для теплоемкости при постоянной температуре?
- .11 Запишите уравнение Майера. Укажите все входящие в него величины.
- .12 Что представляет собой показатель адиабаты?
- .13 Почему теплоемкость при постоянном давлении больше теплоемкости при постоянном объеме?
- .14 Как определяется теплоемкость идеального газа? Чему равна теплоемкость при постоянном давлении и теплоемкость при постоянном объеме одно-, двух- и многоатомного идеального газа?
- .15 Одно-, двух- или многоатомный газ целесообразно использовать в качестве теплоносителя для передачи теплоты? Дайте развернутый ответ.
- .16 Чем отличаются теплоемкости идеальных и реальных газов?
- .17 Какая теплоемкость (средняя или истинная) используется в расчетах конечных термодинамических процессов?
- .18 Какими уравнениями описывается теплоемкость газа, если принимается, что она зависит от температуры?
- .19 Как пользуются таблицами теплоемкостей?
- .20 Объясните суть расчета теплоемкости газовой смеси.

## БЛОК 4. ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ИЗМЕНЕНИЯ СОСТОЯНИЯ ИДЕАЛЬНОГО ГАЗА

- .1 В чем заключается общий метод исследования термодинамических процессов?
- .2 В чем особенность использования формул для расчета изменения внутренней энергии, изменения энтальпии, изменения энтропии в различных термодинамических процессах?
- .3 Какой процесс называется изохорным? Изобразите изохорный процесс в случае подвода теплоты в  $p$ - $v$  и  $T$ - $s$  координатах.
- .4 Как изменяются параметры состояния в изохорном процессе? Покажите на примере изохорного процесса в случае отвода теплоты (в т.ч. на  $p$ - $v$  и  $T$ - $s$  диаграммах).
- .5 По каким уравнениям рассчитывают работу и теплоту в изохорном процессе?
- .6 Какой процесс называется изобарным? Изобразите изобарный процесс в случае отвода теплоты в  $p$ - $v$  и  $T$ - $s$  координатах.
- .7 Как изменяются параметры состояния в изобарном процессе? Покажите на примере изобарного процесса в случае подвода теплоты (в т.ч. на  $p$ - $v$  и  $T$ - $s$  диаграммах).
- .8 Запишите уравнения, позволяющие построить изохорный и изобарный процессы на  $T$ - $s$  диаграмме. Изобразите эти процессы на  $T$ - $s$  диаграмме. Чем объясняется различие построенных кривых?
- .9 По каким уравнениям рассчитывают работу и теплоту в изобарном процессе?
- .10 Какой физический смысл газовой постоянной?
- .11 Какой процесс называется изотермическим? Изобразите изотермический процесс в случае подвода теплоты в  $p$ - $v$  и  $T$ - $s$  координатах.
- .12 Как изменяются параметры состояния в изотермическом процессе? Покажите на примере изотермического процесса в случае отвода теплоты (в т.ч. на  $p$ - $v$  и  $T$ - $s$  диаграммах).
- .13 По каким уравнениям рассчитывают работу и теплоту в изотермическом процессе?
- .14 Чему равно изменение внутренней энергии, изменение энтальпии и изменение энтропии в изотермическом процессе?
- .15 Какой процесс называется адиабатным? Изобразите адиабатный процесс в случае роста температуры в  $p$ - $v$  и  $T$ - $s$  координатах.
- .16 Запишите дифференциальное уравнение адиабаты и уравнение адиабаты идеального газа. При каких допущениях из первого может быть получено второе уравнение?
- .17 Изобразите в  $p$ - $v$  и  $T$ - $s$  координатах адиабатный процесс в случае уменьшения температуры. Через начальную и конечную точки процесса проведите соответствующие изотермы. Как оценить работу в указанном адиабатном процессе?
- .18 Запишите уравнения, позволяющие построить изотермический и адиабатный процессы на  $p$ - $v$  диаграмме. Изобразите эти процессы на  $p$ - $v$  диаграмме. Чем объясняется различие построенных кривых?
- .19 Как изменяются параметры состояния в адиабатном процессе? Покажите на примере адиабатного процесса в случае увеличения температуры (в т.ч. на  $p$ - $v$  и  $T$ - $s$  диаграммах).
- .20 За счет чего совершается работа в адиабатном процессе?

## БЛОК 5. ПОЛИТРОПНЫЙ ПРОЦЕСС ИЗМЕНЕНИЯ СОСТОЯНИЯ ИДЕАЛЬНОГО ГАЗА

- .1 Какие процессы называют политропными?
- .2 Как связаны теплоемкость и показатель политропы?
- .3 Как получить из формул для политропного процесса выражения для изохорного и изобарного процессов?
- .4 Как получить из формул для политропного процесса выражения для изотермического и адиабатного процессов?
- .5 Постройте график зависимости теплоемкости от показателя политропы.
- .6 По какому признаку политропные процессы разделяют на группы?
- .7 Как изменяется внутренняя энергия и какая совершается работа при подводе и отводе теплоты в политропных процессах I группы?
- .8 Покажите на  $p-v$  и  $T-s$  диаграммах область, в которой осуществляются политропные процессы I группы.
- .9 Как изменяется внутренняя энергия и какая совершается работа при подводе и отводе теплоты в политропных процессах II группы?
- .10 Покажите на  $p-v$  и  $T-s$  диаграммах область, в которой осуществляются политропные процессы II группы.
- .11 Как изменяется внутренняя энергия и какая совершается работа при подводе и отводе теплоты в политропных процессах III группы?
- .12 Покажите на  $p-v$  и  $T-s$  диаграммах область, в которой осуществляются политропные процессы III группы.
- .13 Как связаны параметры состояния в политропном процессе?
- .14 Какие формулы используются для расчета теплоты политропного процесса и работы изменения объема?
- .15 Какие формулы используются для определения изменения внутренней энергии и энтальпии в политропном процессе?
- .16 Как рассчитать изменение энтропии в политропном процессе?
- .17 Как скажется на величине температуры подвод теплоты в политропном процессе I группы?
- .18 Как скажется на величине температуры отвод теплоты в политропном процессе II группы?
- .19 Всегда ли политропные процессы сжатия рабочего тела приводят к его нагреву? От чего зависит показатель политропы в случае сжатия рабочего тела?
- .20 Каким образом действительные процессы в двигателях внутреннего сгорания можно описать как политропные процессы?

## БЛОК 6. II НАЧАЛО ТЕРМОДИНАМИКИ. ЦИКЛЫ ПРЯМЫЕ И ОБРАТНЫЕ

- .1 Какой смысл вкладывается в понятие «вечный двигатель I-го рода», «вечный двигатель II-го рода»?
- .2 Какой смысл вкладывается в понятие «эксергия», «анергия»?
- .3 Почему невозможно всю подводимую теплоту преобразовать в работу?
- .4 Какие процессы называются обратимыми и необратимыми?
- .5 Приведите некоторые формулировки II-го начала термодинамики.
- .6 Что представляет собой термодинамический цикл? Какие циклы рассматриваются в технической термодинамике? Какие они имеют особенности?
- .7 Чем различаются прямые и обратные циклы?
- .8 Приведите пример прямого цикла в  $p$ - $v$  и  $T$ - $s$  координатах? Покажите подводимое и отводимое количество теплоты, работу цикла и теплоту цикла?
- .9 Какое минимальное количество процессов могут образовать термодинамический цикл?
- .10 Как оценивается эффективность термодинамических циклов?
- .11 В каких машинах может быть осуществлен прямой цикл?
- .12 Какой физический смысл коэффициента полезного действия? В каком диапазоне он изменяется?
- .13 Какие циклы называются обратными? В каких устройствах они могут быть реализованы?
- .14 Приведите пример обратного цикла в  $p$ - $v$  и  $T$ - $s$  координатах? Покажите подводимое и отводимое количество теплоты, работу цикла и теплоту цикла?
- .15 Если в цикле работа в процессах сжатия больше, чем работа расширения, то как называют такой цикл?
- .16 Для чего служит тепловой двигатель? Холодильная машина?
- .17 Что такое холодильный коэффициент? Как его определить?
- .18 Что выгоднее использовать для обогрева помещения: электрообогреватель или холодильник с электроприводным компрессором, мощность которого равна мощности электроподогревателя?
- .19 Что такое отопительный коэффициент? Как его определить?
- .20 Как связаны холодильный и отопительный коэффициенты?

## БЛОК 7. ИДЕАЛЬНЫЕ ЦИКЛЫ ГАЗОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

- .1 Из каких элементов состоит газотурбинный двигатель? Изобразите схему.
- .2 Опишите принцип работы газовой турбинной установки? Какие ограничения налагаются на рабочий процесс газотурбинного двигателя?
- .3 Какие существуют идеальные циклы газотурбинных установок? В чем их особенности?
- .4 Какие термодинамические процессы образуют цикл газотурбинной установки? Изобразите цикл в  $p$ - $v$  и  $T$ - $s$  координатах.
- .5 Какие безразмерные параметры характеризуют цикл газотурбинной установки?
- .6 Выведите формулу термического КПД идеального цикла газотурбинной установки с изобарным подводом теплоты. Изобразите цикл в  $p$ - $v$  и  $T$ - $s$  координатах.
- .7 Выведите формулу термического КПД идеального цикла газотурбинной установки с изохорным подводом теплоты. Изобразите цикл в  $p$ - $v$  и  $T$ - $s$  координатах.
- .8 Какие существуют способы повышения термического КПД идеального цикла газотурбинной установки? Укажите, применяется ли каждый способ в реальных газотурбинных установках.
- .9 В чем смысл регенерации теплоты в газотурбинных установках? Покажите на  $T$ - $s$  диаграмме.
- .10 В чем состоит принцип работы двигателей внутреннего сгорания?
- .11 Какие допущения приняты при рассмотрении идеальных циклов двигателей внутреннего сгорания?
- .12 Какие безразмерные параметры характеризуют цикл поршневого двигателя внутреннего сгорания?
- .13 Что представляет собой идеальный цикл с изохорным подводом теплоты? Идеализацией работы каких двигателей он является?
- .14 Что представляет собой идеальный цикл с изобарным подводом теплоты? Идеализацией работы каких двигателей он является?
- .15 Что представляет собой идеальный цикл с изохорно-изобарным подводом теплоты? Идеализацией работы каких двигателей он является?
- .16 Какие ограничения накладываются на реализацию цикла с изохорным подводом теплоты? Покажите влияние этих ограничений на  $p$ - $v$  и  $T$ - $s$  диаграммах.
- .17 Выведите формулу термического КПД идеального цикла поршневого двигателя сгорания с изохорным подводом теплоты.
- .18 Выведите формулу термического КПД идеального цикла поршневого двигателя внутреннего сгорания с изобарным подводом теплоты?
- .19 Какой из идеальных циклов поршневых двигателей сгорания обладает наибольшим КПД при одинаковой степени сжатия? Ответ поясните на  $T$ - $s$  диаграмме.
- .20 Какой из идеальных циклов поршневых двигателей сгорания обладает наибольшим КПД при одинаковой максимальной температуре цикла? Ответ поясните на  $T$ - $s$  диаграмме.

## БЛОК 8. ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ВОДЯНОГО ПАРА

- .1 В чем различие между газом и паром?
- .2 В чем различие между идеальным и реальным газами?
- .3 Какие уравнения состояния реальных газов вы знаете? Запишите их.
- .4 Опишите процесс парообразования при постоянном давлении. Изобразите его в  $p$ - $v$  и  $T$ - $v$  координатах.
- .5 Что такое степень сухости пара? В каких пределах она изменяется?
- .6 Как строятся пограничные кривые жидкости и пара? Как называется точка, в которой они соединяются?
- .7 В каком агрегатном состоянии находится рабочее тело в каждой из областей, ограниченных пограничными кривыми жидкости и пара, и на самих кривых. Ответ проиллюстрируйте на  $p$ - $v$  и  $T$ - $s$  диаграммах.
- .8 Как определяют параметры влажного пара?
- .9 Почему для анализа процессов водяного пара целесообразно использовать  $h$ - $s$  диаграмму. В чем ее преимущество перед  $T$ - $s$  диаграммой?
- .10 Изобразите изохорный процесс водяного пара в  $p$ - $v$ ,  $T$ - $s$  и  $h$ - $s$  координатах.
- .11 Изобразите изобарный процесс водяного пара в  $p$ - $v$ ,  $T$ - $s$  и  $h$ - $s$  координатах.
- .12 Изобразите изотермический процесс водяного пара в  $p$ - $v$ ,  $T$ - $s$  и  $h$ - $s$  координатах.
- .13 В каком случае изобарный процесс и изотермический совпадают? Покажите на  $p$ - $v$ ,  $T$ - $s$  и  $h$ - $s$  координатах.
- .14 Что представляют собой энтропийные диаграммы водяного пара? Как ими пользоваться?
- .15 Изобразите адиабатный процесс водяного пара в  $p$ - $v$ ,  $T$ - $s$  и  $h$ - $s$  координатах.
- .16 Что такое удельная теплота парообразования?
- .17 Как определить теплоту парообразования с помощью  $T$ - $s$  и  $h$ - $s$  диаграммы?
- .18 При каком давлении (0.1 или 1.0 МПа) теплота парообразования будет больше?
- .19 Как пользоваться таблицами состояния воды и водяного пара для решения теплотехнических задач?
- .20 Опишите, какие современные средства могут быть использованы для определения термодинамического состояния воды и водяного пара в термодинамических расчетах?

## РАЗДЕЛ II. ТЕПЛОПЕРЕДАЧА

### БЛОК 1. ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ

- .1 Что является необходимым условием теплопередачи?
- .2 Как называется процесс распространения теплоты в пространстве?
- .3 Как называется процесс распространения теплоты внутри сплошного твердого тела?
- .4 Что такое градиент температуры? Как записать его математическое определение?
- .5 Какое направление имеют вектор градиента температуры, вектор плотности теплового потока?
- .6 Запишите уравнение Фурье. Преобразуйте его в уравнение для теплового потока. Получите уравнение для плотности теплового потока.
- .7 Как связаны теплопроводность материала и градиент температуры в нем?
- .8 Какие материалы (вещества) обладают наибольшей теплопроводностью и какие – наименьшей?
- .9 Какая единица служит для измерения теплопроводности?
- .10 Выведите дифференциальное уравнение теплопроводности. Как оно записывается в сокращенной форме? Как оно записывается в полярной системе координат? Объясните физический смысл его каждого компонента. Каков физический смысл дифференциального уравнения теплопроводности?
- .11 В чем различие стационарных и нестационарных процессов? Приведите примеры стационарной и нестационарной теплопроводности. Запишите дифференциальное уравнение теплопроводности для стационарного режима.
- .12 Что такое условия однозначности?
- .13 Какие типы условий входят в условия однозначности и их физический смысл?
- .14 Что такое граничные условия? Нарисуйте схему задания граничных условий 1-го, 2-го, 3-го, 4-го рода. Запишите способы задания граничных условий в математической форме.
- .15 Как изменяется температура по толщине плоской стенки? Цилиндрической стенки?
- .16 Запишите формулу для определения плотности теплового потока в плоской однородной стенке (одно и многослойной).
- .17 Как (по какой формуле) можно определить температуру на границе 3-го и 4-го слоев плоской стенки
- .18 Какой зависимостью описывается температурное поле по толщине цилиндрической стенки?
- .19 Как получить большие температурные градиенты в слоях изоляции?
- .20 Что такое контактное термическое сопротивление? Как его уменьшить? Как его увеличить?

## БЛОК 2. ТЕОРИЯ ПОДОБИЯ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КОНВЕКТИВНОГО ТЕПЛООБМЕНА

.1 От каких факторов зависит коэффициент теплоотдачи?

.2 Назовите известные вам способы изучения конвективного теплообмена.

Охарактеризуйте каждый способ.

.3 Какую роль играет теория подобия при изучении конвективного теплообмена?

.4 Сформулируйте обязательные условия для достижения подобия теплофизических явлений.

.5 Какие физические величины приняты в качестве базовых в системе единиц СИ?

Сколько из них используются в термодинамике? Назовите их.

.6 Что утверждают теоремы подобия?

.7 В чем смысл  $\pi$ -теоремы?

.8 Запишите критерии подобия, которые Вам известны.

.9 Какие виды движения жидкости Вы знаете? В чем отличие ламинарного и турбулентного движения жидкости. Какой критерий подобия является характеристикой режима течения жидкости в трубах? Чему примерно равно его критическое значение для круглых труб?

.10 Какие критерии подобия можно отнести к критериям гидродинамического подобия, а какие – теплового? Почему?

.11 Какой критерий подобия является безразмерным коэффициентом теплоотдачи?

.12 Какой критерий подобия является теплофизическим параметром жидкости/ газа?

.13 Какие критерии подобия используются в расчетах нестационарного теплообмена?

.14 Какой критерий подобия является критерием подобия температурных полей в жидкости?

.15 При каких значениях критериев подобия (каких?) тепловое и гидродинамическое поля совпадают?

.16 Как зависит критерий Прандтля ( $Pr$ ) от температуры для газов, для жидкостей?

.17 Что такое определяющая температура?

.18 Что представляет собой определяющий размер?

.19 В чем особенность расчета теплоотдачи труб некруглого сечения?

.20 Какова область применения гидравлического (эквивалентного) диаметра?

### **БЛОК 3. ТЕПЛООТДАЧА ПРИ ВЫНУЖДЕННОМ ДВИЖЕНИИ ЖИДКОСТИ В ТРУБАХ И КАНАЛАХ**

- .1 Какие режимы течения жидкости (газа) могут быть в трубах? В чем их отличие друг от друга?
- .2 Какой критерий подобия является характеристикой режима течения жидкости в трубах? Чему примерно равно его критическое значение для круглых труб?
- .3 Какой физический смысл имеет коэффициент теплоотдачи? Какова его размерность?
- .4 Нарисуйте эпюры скорости жидкости в трубе при изотермическом ламинарном и турбулентном режиме. Как повлияет на них охлаждение или подогрев стенок трубы?
- .5 Что учитывает температурный фактор в уравнениях подобия конвективного теплообмена?
- .6 От каких факторов зависит коэффициент теплоотдачи при конвекции? Напишите соответствующее уравнение подобия (в общем виде).
- .7 Что такое гидродинамический пограничный слой?
- .8 Что такое тепловой пограничный слой?
- .9 Как формируется пограничный слой при обтекании плоской поверхности? В чем особенность формирования пограничного слоя в трубе?
- .10 Почему на начальных участках труб (каналов) коэффициент теплоотдачи существенно выше, чем на участке стабилизированного течения?
- .11 Как изменяется коэффициент теплоотдачи с изменением скорости движения жидкости?
- .12 Как влияет на коэффициент теплоотдачи при движении жидкости в трубе изменение ее диаметра?
- .13 Длина трубы или ее диаметр является определяющим размером в расчете критериев подобия при рассмотрении теплоотдачи при движении жидкости в трубе?
- .14 Как рассчитывается определяющий размер при движении жидкости (газа) в трубах некруглого течения?
- .15 Какой диапазон значений характерен для коэффициента теплоотдачи при движении в трубе воды (и жидкостей вообще)? Как изменится коэффициент теплоотдачи, если в трубе будет перемещаться воздух (или другой газ)?
- .16 Почему при турбулентном режиме движения теплоносителя средний коэффициент теплоотдачи выше, чем при ламинарном?
- .17 В чем смысл интенсификации конвективного теплообмена?
- .18 Каковы способы интенсификации теплоотдачи в трубах при ламинарном и переходном режимах течения? Каков эффект от интенсификации теплоотдачи различными способами при ламинарном течении теплоносителя?
- .19 В чем суть способов интенсификации теплоотдачи при турбулентном течении? Во сколько раз можно увеличить коэффициент теплоотдачи при турбулентном течении различными способами интенсификации?
- .20 Каковы особенности гидродинамики и теплоотдачи в змеевиках?

## **БЛОК 4. ТЕПЛОТДАЧА ПРИ ОБТЕКАНИИ ОДИНОЧНОЙ ГЛАДКОЙ ТРУБЫ И ПУЧКА ТРУБ**

- .1 Какой критерий подобия определяет режим обтекания одиночной трубы или пучка труб?
- .2 Какой режим течения наиболее часто встречается при обтекании труб и трубных пучков?
- .3 В какой части трубы будет наибольшая теплоотдача при  $Re = 5 \dots 10^5$ ? При  $Re > 10^5 \dots 10^6$ ?
- .4 Что является определяющим размером в уравнениях подобия для расчета теплоотдачи при поперечном обтекании труб?
- .5 Как влияет на коэффициент теплоотдачи угол атаки трубы?
- .6 Какие существуют способы разбивки трубного пучка?
- .7 Перечислите основные геометрические параметры трубного пучка.
- .8 Как определяется скорость потока жидкости (газа) при поперечном обтекании трубного пучка?
- .9 Как изменяется коэффициент теплоотдачи в зависимости от ряда трубного пучка?
- .10 Как изменится коэффициент теплоотдачи при увеличении количества рядов в трубном пучке?
- .11 Какой фактор следует принимать во внимание при расчете теплоотдачи при поперечном обтекании трубного пучка в теплообменном аппарате, установленном непосредственно после насоса?
- .12 Почему в расчетах используется средний по периметру коэффициент теплоотдачи третьего ряда трубных пучков?
- .13 Как изменяется коэффициент теплоотдачи при уменьшении угла атаки трубного пучка?
- .14 Какие основные достоинства и недостатки гладкотрубных пучков?
- .15 В каких случаях предпочтительнее коридорные, а в каких шахматные трубные пучки?
- .16 Как рассчитывается коэффициент теплоотдачи в случае продольного обтекания трубного пучка турбулентным потоком?
- .17 Как рассчитывается коэффициент теплоотдачи при продольном обтекании трубного пучка ламинарным потоком?
- .18 Как находится определяющий размер в случае продольного обтекания трубного пучка?
- .19 Влияет ли накатка, применяемая для интенсификации теплоотдачи в трубах, на теплоотдачу при поперечном обтекании этих труб? При продольном обтекании труб?
- .20 Как рассчитывается коэффициент теплоотдачи при продольном обтекании трубных пучков из труб с кольцевыми плавноочерченными турбулизаторами, выполненными методом накатки?

## **БЛОК 5. ТЕПЛОТДАЧА ПРИ ПОПЕРЕЧНОМ ОМЫВАНИИ ПУЧКА ОРЕБРЕННЫХ ТРУБ**

- .1 Для чего применяют оребрение труб?
- .2 В каких случаях оребрение считается выгодным?
- .3 Что такое коэффициент оребрения?
- .4 Какие применяются виды оребрения?
- .5 Запишите уравнение теплопередачи, и определите, на какие компоненты этого уравнения в наибольшей степени влияет оребрение труб?
- .6 Какую сторону плоской поверхности выгоднее сделать оребренной для увеличения теплового потока?
- .7 Ребра какой высоты целесообразны для воздушных теплообменных аппаратов?
- .8 Ребра какой высоты целесообразны для вязких жидкостей?
- .9 Как выбирается шаг между ребрами?
- .10 Как влияет на коэффициент теплоотдачи высота ребер?
- .11 Как влияет высота ребер на передаваемый тепловой поток?
- .12 Как рассчитывается определяющий размер при обтекании трубных пучков из оребренных труб?
- .13 Как учитывается влияние количества рядов на коэффициент теплоотдачи при обтекании пучка оребренных труб?
- .14 Какие факторы принимаются во внимание при выборе типа оребрения?
- .15 Как влияет теплопроводность материала ребра на коэффициент теплоотдачи оребренной трубы?
- .16 В каких случаях применяются биметаллические трубы с оребрением?
- .17 В чем различие между конвективным и приведенным коэффициентами теплоотдачи?
- .18 Какой смысл имеет коэффициент эффективности ребра?
- .19 Влияет ли тип оребрения труб на направление обтекания трубного пучка? Приведите примеры.
- .20 Как соединяются ребра с несущей трубой (трубами)? Почему?

## БЛОК 6. ТЕПЛОТДАЧА ПРИ СВОБОДНОМ ДВИЖЕНИИ

- .1 Что является причиной естественной конвекции?
- .2 Что является причиной вынужденной конвекции?
- .3 В каком диапазоне изменяется коэффициент теплоотдачи в случае: вынужденной конвекции воды, вынужденной конвекции газов, естественной конвекции воды, естественной конвекции газов?
- .4 Возможна ли естественная конвекция в отсутствии силы тяжести (в невесомости)?
- .5 Что такое термогравитационная конвекция?
- .6 От каких факторов зависит характерная скорость свободной конвекции?
- .7 Какой физический смысл имеет коэффициент объемного расширения?
- .8 Как связаны числа Рейнольдса и Грасгофа в задачах свободной конвекции у нагретой вертикальной трубы или пластины?
- .9 Выразите число Грасгофа через размерные физические величины при постоянной температуре поверхности, при постоянной плотности теплового потока через поверхность.
- .10 Опишите механизм развития ламинарного и турбулентного пограничного слоя у вертикальной нагретой поверхности.
- .11 До какого расстояния возможно существование ламинарного пограничного слоя у вертикальной нагретой поверхности?
- .12 Как оценивается средний по высоте коэффициент теплоотдачи при наличии ламинарного и турбулентного участков пограничного слоя на вертикальной поверхности?
- .13 В каком случае коэффициент теплоотдачи будет больше при прочих равных условиях: теплоотдача у вертикальной нагретой стены; теплоотдача у горизонтальной нагретой поверхности, когда теплоотдающая поверхность плиты обращена вниз; теплоотдача у горизонтальной нагретой поверхности, когда теплоотдающая поверхность плиты обращена вверх?
- .14 В чем особенность свободного движения жидкости около нагретых горизонтальных труб?
- .15 В чем отличие свободной конвекции в большом объеме и в узких каналах?
- .16 Какой смысл вкладывают в понятие «эквивалентная теплопроводность»?
- .17 Может ли поправочный коэффициент, учитывающий свободную конвекцию в узких каналах быть меньше единицы, равен единице?
- .18 Какой критерий подобия служит характеристикой интенсивности конвекции в узких каналах?
- .19 Как выбирается определяющая температура для расчета конвекции в узких каналах?
- .20 Почему задачи естественной конвекции в узких каналах стали одними из первых решаться на ЭВМ?

## БЛОК 7. ТЕПЛОВОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ

- .1 В каком диапазоне длин волн излучение относится к тепловому?
- .2 Поясните механизм переноса теплоты излучением.
- .3 Какое тело называют абсолютно черным, абсолютно белым?
- .4 Какое тело называют абсолютно прозрачным, серым?
- .5 Как распределяется поток лучистой энергии, попадая на поверхность твердого тела?
- .6 Сравните коэффициенты излучения черного и серого тел.
- .7 Что определяет закон Стефана – Больцмана?
- .8 Что устанавливает закон Планка?
- .9 Что устанавливает закон смещения Вина? Поясните ответ графиком.
- .10 Что такое степень черноты (излучающих и поглощающих тел)?
- .11 Во сколько раз нужно увеличить абсолютную температуру тела, чтобы его излучательная способность возросла в 2 раза?
- .12 Как существенно уменьшить тепловой поток, передаваемый излучением?
- .13 Что такое «приведенная степень черноты»?
- .14 В чем отличие излучения газов от излучения твердых тел?
- .15 Какие газы являются поглотителями теплового излучения?
- .16 Излучение каких газов, входящих в продукты сгорания топлива, учитывают в расчетах? Почему?
- .17 Возможно ли проведение расчетов теплового излучения, используя шкалу Цельсия для измерения температуры?
- .18 Что такое «приведенная длина луча в излучающем объеме»?
- .19 Какими уравнениями и графиками пользуются при расчете излучения (поглощения) дымовых газов?
- .20 Что представляет собой коэффициент теплоотдачи излучением?

## БЛОК 8. СЛОЖНЫЙ ТЕПЛОБМЕН. ТЕПЛОПЕРЕДАЧА

- .1 Какими способами возможен перенос теплоты в твердой, жидкой, газовой среде, в вакууме?
- .2 В чем различие между коэффициентами теплоотдачи и теплопередачи?
- .3 Как будет изменяться доля теплоты, передаваемая излучением, с увеличением разности температур излучающего газа и окружающей твердой поверхности?
- .4 Как будет изменяться доля теплоты, передаваемая излучением, с увеличением температуры излучающего газа при неизменных прочих параметрах??
- .5 Как рассчитывается коэффициент теплопередачи в случае плоской одно- и многослойной стенки?
- .6 Как рассчитывается коэффициент теплопередачи в случае цилиндрической одно- и многослойной стенки?
- .7 Что такое «эквивалентная теплопроводность стенки»?
- .8 Как рассчитать термическое сопротивление теплопередачи?
- .9 Сравните коэффициент теплопередачи, отнесенный к наружной поверхности трубы, и коэффициент теплопередачи, отнесенный к внутренней поверхности трубы. Какое уравнение определяет соотношение между этими коэффициентами?
- .10 Зависит ли плотность теплового потока для цилиндрической стенки от того, к какой поверхности (слою) она будет относиться?
- .11 Что такое «температурный напор»?
- .12 Зависит ли термическое сопротивление цилиндрической стенки от ее толщины?
- .13 Как рассчитывается средняя площадь поверхности теплопередачи  $i$ -го слоя в многослойной цилиндрической стенке?
- .14 В каких случаях допустимо теплопередачу в цилиндрических стенках рассчитывать по формулам для плоской стенке?
- .15 Как определить, какую сторону плоской стенки сделать оребренной?
- .16 Как инженер-конструктор должен изменить форму ребер при изменении угла атаки пучка оребренных труб?
- .17 Нанесение изоляции на поверхность трубы всегда гарантирует снижение тепловых потерь?
- .18 Что такое «критический диаметр изоляции»?
- .19 От каких факторов зависит критический диаметр изоляции?
- .20 Объясните, почему понятие «критический диаметр изоляции» применимо для цилиндрических поверхностей и неприменимо для плоских?

## ЛИТЕРАТУРА

1. Александров А.А., Орлов К.А., Очков В.Ф. Теплофизические свойства рабочих веществ теплоэнергетики. - М.: Изд. Дом «МЭИ», 2009. - 224 с.
2. Бажан П.И., Каневец Г.Е., Селиверстов В.М. Справочник по теплообменным аппаратам. – М.: Машиностроение, 1989. – 362 с.
3. Бажан П.И. Техническая термодинамика и теплопередача. Интенсификация теплообмена в элементах СЭУ. – Н.Новгород: ВГАВТ, 1998. -71 с.
4. Ерофеев В.Л., Семенов П.Д. , Пряжин А.С. Теплотехника. – М.: ИКЦ "Академкнига", 2008. – 488 с.
5. Замалеев З.Х., Посохин В.Н., Чефанов В.М. Основы гидравлики и теплотехники.— СПб.: Издательство «Лань», 2014. — 352 с.
6. Исаченко В.П., Осипова В.А., Сукомел А.С. Теплопередача. – М.: Энергоиздат, 1981. – 417 с.
7. Калинин Э. К., Дрейцер Г. А., Ярхо С. А. Интенсификация теплообмена в каналах. – М.: Машиностроение, 1980. – 220 с.
8. Люсов Н.А. Идеальные циклы газовых двигателей: конспект лекций. - Н. Новгород: ВГАВТ, 2004. – 44 с.
9. Пономарев Н.А., Шураев О.П. Энергетические установки и электрооборудование судов: техническая термодинамика и теплопередача: конспект лекций. – Н. Новгород: Изд-во ФГОУ ВПО «ВГАВТ», 2012. – 100 с.
10. Ройзен Л.И., Дулькин И.Н. Тепловой расчет орбренных поверхностей. - М.: Энергия, 1977. – 256 с.
11. Селиверстов В.М., Бажан П.И. Техническая термодинамика, теплопередача и теплообменные аппараты: учебник. - М.: Транспорт, 1988. - 287 с.
12. Цветков Ф.Ф., Григорьев Б.А. Тепломассообмен. – М.: Изд-во МЭИ, 2006. – 550 с.
13. Шураев О.П., Пономарев Н.А. Теплотехника: задачи по теплопередаче: учебное пособие. – Н. Новгород: ВГАВТ, 2009. – 167 с.
14. Шураев О.П. Теплотехника: Теплопередача и теплообменные аппараты. Часть. 1. Теплопроводность. – Н. Новгород: ВГАВТ, 2003. – 48 с.
15. Шураев О.П. Теплотехника: Теплопередача и теплообменные аппараты. Часть. 2. Теория подобия и экспериментальное исследование конвективного теплообмена. – Н. Новгород: ВГАВТ, 2006. – 52 с.

# Содержание

Выбор варианта .....	3
РАЗДЕЛ I. ТЕХНИЧЕСКАЯ ТЕРМОДИНАМИКА .....	5
Блок 1. Параметры состояния рабочего тела. Идеальный газ .....	5
Блок 2. Термодинамический процесс. Функции процесса и функции состояния. I начало термодинамики .....	6
Блок 3. Теплоемкость газов .....	7
Блок 4. Термодинамические процессы изменения состояния идеального газа .....	8
Блок 5. Политропный процесс изменения состояния идеального газа .....	9
Блок 6. II начало термодинамики. Циклы прямые и обратные .....	10
Блок 7. Идеальные циклы газовых двигателей .....	11
Блок 8. Термодинамические процессы водяного пара .....	12
РАЗДЕЛ II. ТЕПЛОПЕРЕДАЧА .....	13
Блок 1. Теплопроводность .....	13
Блок 2. Теория подобия и экспериментальное исследование конвективного теплообмена .....	14
Блок 3. Теплоотдача при вынужденном движении жидкости в трубах и каналах .....	15
Блок 4. Теплоотдача при обтекании одиночной гладкой трубы и пучка труб .....	16
Блок 5. Теплоотдача при поперечном омывании пучка оребренных труб .....	17
Блок 6. Теплоотдача при свободном движении .....	18
Блок 7. Тепловое излучение .....	19
Блок 8. Сложный теплообмен. Теплопередача .....	20
Литература .....	21

**Шураев Олег Петрович**

**ТЕХНИЧЕСКАЯ ТЕРМОДИНАМИКА  
И ТЕПЛОПЕРЕДАЧА**

**ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО  
ИЗУЧЕНИЯ**

*Печатается по авторскому оригиналу  
без редактирования и корректуры*

Подписано в печать 15.11.2016.  
Формат бумаги 60×84 1/16. Гарнитура «Таймс».  
Бумага офсетная. Ризография. Усл. печ. л. 0,92. Усл.-изд. л. 1,28  
Тираж 100 экз. Заказ \_\_\_\_.

Издательско-полиграфический комплекс ФГБОУ ВО «ВГУВТ»

---

603950, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5а