



**Федеральное агентство морского и речного транспорта  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Государственный университет морского и речного флота  
имени адмирала С.О. Макарова»  
Беломорско-Онежский филиал**


**КОМПЛЕКТ КОНТРОЛЬНО-ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ  
ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ**

**ОП.08 ТЕХНИЧЕСКАЯ ТЕРМОДИНАМИКА И ТЕПЛОПЕРЕДАЧА**


**ПРОГРАММЫ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ СРЕДНЕГО ЗВЕНА  
по специальности  
26.02.03 Судовождение**

**квалификация  
СТАРШИЙ ТЕХНИК-СУДОВОДИТЕЛЬ С ПРАВОМ ЭКСПЛУАТАЦИИ  
СУДОВЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК**

**Петрозаводск  
2024**

СОГЛАСОВАНО  
Заместитель директора по УМиВР  
БОФ ГУМРФ  
 Л.М.Каторина  
29 05 2024

УТВЕРЖДАЮ  
Директор БОФ ГУМРФ  
 А.В. Васильев  
29 05 2024

ОДОБРЕНА  
На заседании цикловой комиссии  
общепрофессиональных дисциплин  
Протокол от 24 05 2024 № 5  
Председатель  С.В. Бобылева

#### **РАЗРАБОТЧИКИ:**

Бобылева С.В. – преподаватель механики и инженерной графики, председатель цикловой комиссии общепрофессиональных дисциплин Беломорско-Онежского филиала.

Максимова Д.В. - преподаватель технической термодинамики и теплопередачи Беломорско-Онежского филиала.

Комплект контрольно-оценочных средств по учебной дисциплине ОП.08 Техническая термодинамика и теплопередача разработан в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом среднего профессионального образования, утвержденным приказом Министерства просвещения Российской Федерации от 02.12.2020 № 691 (зарегистрирован Министерством юстиции Российской Федерации 03.02.2021, регистрационный № 62347) по специальности 26.02.03 Судовождение, профессиональным стандартом 17.096 «Судоводитель», утвержденным приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 29.11.2019 г. № 745н (зарегистрирован Министерством юстиции Российской Федерации 02.06.2020 г., рег. № 58540), профессиональным стандартом 17.015 «Судоводитель-механик», утвержденным приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 08.09.2015 № 612н (зарегистрирован Министерством юстиции Российской Федерации 09.10.2015, рег. № 39273), примерной основной образовательной программой государственного реестра ПООП, с учётом Стратегии развития воспитания в Российской Федерации на период до 2025 года, примерной программы воспитания.

**СОДЕРЖАНИЕ**

- 1. ПАСПОРТ КОМПЛЕКТА КОНТРОЛЬНО-ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**
- 2. КОДИФИКАТОР ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**
- 3. СИСТЕМА ОЦЕНКИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ДОСТИЖЕНИЙ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО КАЖДОМУ ОЦЕНОЧНОМУ СРЕДСТВУ**
- 4. БАНК КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ УСВОЕНИЯ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

# 1. ПАСПОРТ КОМПЛЕКТА КОНТРОЛЬНО-ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

## «ОП.08 ТЕХНИЧЕСКАЯ ТЕРМОДИНАМИКА И ТЕПЛОПЕРЕДАЧА»

### 1.1. Область применения контрольно-оценочных средств

Контрольно-оценочные средства (КОС) являются частью нормативно-методического обеспечения системы оценивания качества освоения обучающимися программы подготовки специалистов среднего звена по специальности 26.02.03 Судовождение и обеспечивают повышение качества образовательного процесса.

КОС по учебной дисциплине представляет собой совокупность контролирующих материалов, предназначенных для измерения уровня достижения обучающимся установленных результатов обучения.

КОС по учебной дисциплине используется при проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся в виде экзамена

### 1.2. Результаты освоения дисциплины, подлежащие проверке

Результаты обучения (освоенные умения, усвоенные знания)	
освоенные умения	
У1. Выполнять термодинамический расчет теплоэнергетических устройств и двигателей.	
освоенные знания	
31. Общие законы статики и динамики жидкостей и газов;	
32. Основные понятия теории теплообмена;	
33. Законы термодинамики, характеристики топлив.	

### 1.3. Результаты освоения учебной дисциплины, подлежащие проверке

Код и формулировка компетенции	Умения, знания	Целевые ориентиры воспитания
ОК 01 Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам	<b>Умения:</b> распознавать задачу и/или проблему в профессиональном и/или социальном контексте; анализировать задачу и/или проблему и выделять её составные части; определять этапы решения задачи; выявлять и эффективно искать информацию, необходимую для	<b>Профессионально-трудовое воспитание</b> Понимающий профессиональные идеалы и ценности, уважающий труд, результаты труда, трудовые достижения русского народа, трудовые и профессиональные достижения своих земляков, их вклад в развитие своего поселения, края, страны. Участвующий в социально значимой трудовой и профессиональной деятельности разного вида в семье, образовательной организации, на базах производственной практики, в своей местности.

	<p>решения задачи и/или проблемы; составлять план действия; определять необходимые ресурсы; владеть актуальными методами работы в профессиональной и смежных сферах; реализовывать составленный план; оценивать результат и последствия своих действий (самостоятельно или с помощью наставника)</p> <p><b>Знания:</b> актуальный профессиональный и социальный контекст, в котором приходится работать и жить; основные источники информации и ресурсы для решения задач и проблем в профессиональном и/или социальном контексте; алгоритмы выполнения работ в профессиональной и смежных областях; методы работы в профессиональной и смежных сферах; структуру плана для решения задач; порядок оценки результатов решения задач профессиональной деятельности</p>	<p>Выражающий осознанную готовность к непрерывному образованию и самообразованию в выбранной сфере профессиональной деятельности.</p> <p>Понимающий специфику профессионально-трудовой деятельности, регулирования трудовых отношений, готовый учиться и трудиться в современном высокотехнологичном мире на благо государства и общества.</p> <p>Ориентированный на осознанное освоение выбранной сферы профессиональной деятельности с учётом личных жизненных планов, потребностей своей семьи, государства и общества.</p> <p>Обладающий сформированными представлениями о значении и ценности выбранной профессии, проявляющий уважение к своей профессии и своему профессиональному сообществу, поддерживающий позитивный образ и престиж своей профессии в обществе.</p> <p>Разделяющий корпоративные ценности и миссию работодателя. Помогающий реализовывать стратегию компании на рынке труда.</p> <p>Обеспечивающий собственную деятельность и действия подчиненных при возникновении чрезвычайных ситуаций техногенного и природного характера.</p> <p>Демонстрирующий знания и умения в профессиональной деятельности, обеспечивающие безаварийную работу при исполнении должностных обязанностей и сохранения здоровья и жизни членов экипажа.</p> <p>Умеющий самостоятельно определять цели профессиональной деятельности и разрабатывать планы для их достижения, осуществлять, контролировать и корректировать профессиональную деятельность, использовать разрешенные законом все</p>
--	---	---

		<p>возможные ресурсы для достижения поставленных целей.</p> <p>Умеющий эффективно взаимодействовать, продуктивно работать в составе экипажа морского судна, с уважением относящийся к чужому труду.</p> <p><b>Ценности научного познания</b></p> <p>Деятельно выражающий познавательные интересы в разных предметных областях с учётом своих интересов, способностей, достижений, выбранного направления профессионального образования и подготовки.</p> <p>Обладающий представлением о современной научной картине мира, достижениях науки и техники, аргументированно выражающий понимание значения науки и технологий для развития российского общества и обеспечения его безопасности.</p> <p>Демонстрирующий навыки критического мышления, определения достоверности научной информации, в том числе в сфере профессиональной деятельности.</p> <p>Умеющий выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам.</p> <p>Использующий современные средства поиска, анализа и интерпретации информации, информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности.</p> <p>Развивающий и применяющий навыки наблюдения, накопления и систематизации фактов, осмысления опыта в естественнонаучной и гуманитарной областях познания, исследовательской и профессиональной деятельности.</p> <p>Проявляющий сознательное отношение к непрерывному</p>
--	--	---

		<p>образованию, как условию успешной профессиональной и общественной деятельности.</p> <p>Использующий современные средства поиска, анализа и доступности научной и практической информации и литературы, для успешного выполнения задач профессиональной деятельности.</p> <p>Обладающий представлением о современных научных исследованиях, достижениях науки и техники, аргументированно выражающий понимание значения науки и нанотехнологий, для развития российской экономики. Использующий новаторство в профессиональной деятельности.</p>
<p><b>ОК 02</b></p> <p>Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности</p>	<p><b>Умения:</b></p> <p>определять задачи для поиска информации; определять необходимые источники информации; планировать процесс поиска; структурировать получаемую информацию; выделять наиболее значимое в перечне информации; оценивать практическую значимость результатов поиска; оформлять результаты поиска; применять средства информационных технологий для решения профессиональных задач; использовать современное программное обеспечение</p>	<p><b>Ценности научного познания</b></p> <p>Деятельно выражающий познавательные интересы в разных предметных областях с учётом своих интересов, способностей, достижений, выбранного направления профессионального образования и подготовки.</p> <p>Обладающий представлением о современной научной картине мира, достижениях науки и техники, аргументированно выражающий понимание значения науки и технологий для развития российского общества и обеспечения его безопасности.</p> <p>Демонстрирующий навыки критического мышления, определения достоверности научной информации, в том числе в сфере профессиональной деятельности.</p> <p>Умеющий выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам.</p> <p>Использующий современные средства поиска, анализа и интерпретации информации, информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности.</p>

	<p><b>Знания:</b> номенклатура информационных источников, применяемых в профессиональной деятельности; приемы структурирования информации; формат оформления результатов поиска информации; современные средства и устройства информатизации; порядок их применения и программное обеспечение в профессиональной деятельности</p>	<p>Развивающий и применяющий навыки наблюдения, накопления и систематизации фактов, осмысления опыта в естественнонаучной и гуманитарной областях познания, исследовательской и профессиональной деятельности.</p> <p>Проявляющий сознательное отношение к непрерывному образованию, как условию успешной профессиональной и общественной деятельности.</p> <p>Использующий современные средства поиска, анализа и доступности научной и практической информации и литературы, для успешного выполнения задач профессиональной деятельности.</p> <p>Обладающий представлением о современных научных исследованиях, достижениях науки и техники, аргументированно выражающий понимание значения науки и нанотехнологий, для развития российской экономики. Использующий новаторство в профессиональной деятельности.</p>
<p>ОК 04 Эффективно взаимодействовать и работать в коллективе и команде</p>	<p><b>Умения:</b> организовывать работу коллектива и команды; взаимодействовать с коллегами, руководством, клиентами в ходе профессиональной деятельности</p> <p><b>Знания:</b> психологические основы деятельности коллектива, психологические особенности личности; основы проектной деятельности</p>	<p><b>Гражданское воспитание</b> Осознанно выражающий свою российскую гражданскую принадлежность (идентичность) в поликультурном, многонациональном и многоконфессиональном российском обществе, в мировом сообществе.</p> <p>Сознающий своё единство с народом России как источником власти и субъектом тысячелетней российской государственности, с Российским государством, ответственность за его развитие в настоящем и будущем на основе исторического просвещения, российского национального исторического сознания.</p> <p>Проявляющий гражданско-патриотическую позицию, готовность к защите Родины, способный</p>



		<p>аргументированно отстаивать суверенитет и достоинство народа России и Российского государства, сохранять и защищать историческую правду.</p> <p>Ориентированный на активное гражданское участие в социально-политических процессах на основе уважения закона и правопорядка, прав и свобод сограждан.</p> <p>Осознанно и деятельно выражающий неприятие любой дискриминации по социальным, национальным, расовым, религиозным признакам, проявлений экстремизма, терроризма, коррупции, антигосударственной деятельности.</p> <p>Обладающий опытом гражданской социально значимой деятельности (в студенческом самоуправлении, добровольческом движении, предпринимательской деятельности, экологических, военно-патриотических и др. объединениях, акциях, программах).</p> <p>Демонстрирующий готовность и способность вести диалог с другими людьми, достигать в нем взаимопонимания, находить общие цели и взаимодействовать для их достижения в профессиональной сфере.</p> <p>Проявляющий гражданское отношение к профессиональной деятельности, как возможности личного участия в решении общественных, государственных и общенациональных задач.</p> <p>Обладающий профессиональными качествами, необходимыми для дальнейшего развития морской и речной транспортной отрасли во всех регионах Российской Федерации.</p> <p>Проявляющий сознательное отношение к государственной политике по дальнейшему многоцелевому развитию Арктики и Северного морского</p>
--	--	--

		<p>пути, а также новых территорий, включенных в состав России: Донецкой Народной Республики и Херсонской области, имеющих выход к Азовскому и Черному морям.</p> <p>Проявляющий гражданско-патриотическую позицию, готовность к защите Родины от внешних и внутренних посягательств, способный аргументированно отстаивать суверенитет и достоинство народов России и Российского государства, сохранять и защищать историческую правду.</p> <p><b>Патриотическое воспитание</b></p> <p>Осознающий свою национальную, этническую принадлежность, демонстрирующий приверженность к родной культуре, любовь к своему народу.</p> <p>Сознающий причастность к многонациональному народу Российской Федерации, Отечеству, общероссийскую идентичность.</p> <p>Проявляющий деятельное ценностное отношение к историческому и культурному наследию своего и других народов России, их традициям, праздникам.</p> <p>Проявляющий уважение к соотечественникам, проживающим за рубежом, поддерживающий их права, защиту их интересов в сохранении общероссийской идентичности..</p> <p>Знающий историческую правду своей великой Родины, историю подвига арктических морских конвоев в годы Второй мировой войны, огромного вклада военных и гражданских моряков в Победу над фашистской Германией. Умеющий чтить и помнить подвиг советского народа в Великой Отечественной войне.</p> <p>Осознающий свою национальную, этническую принадлежность,</p>
--	--	---

		<p>демонстрирующий приверженность к родной культуре, морским традициям, выбранной профессии и выполнению воинского долга.</p> <p>Выражающий готовность к защите рубежей Российской Федерации от внешних и внутренних посягательств, а также защите новых территорий, включенных в состав России, от военной угрозы, санкционного и экономического давления.</p> <p><b>Профессионально-трудовое воспитание</b></p> <p>Понимающий профессиональные идеалы и ценности, уважающий труд, результаты труда, трудовые достижения российского народа, трудовые и профессиональные достижения своих земляков, их вклад в развитие своего поселения, края, страны.</p> <p>Участвующий в социально значимой трудовой и профессиональной деятельности разного вида в семье, образовательной организации, на базах производственной практики, в своей местности.</p> <p>Выражающий осознанную готовность к непрерывному образованию и самообразованию в выбранной сфере профессиональной деятельности.</p> <p>Понимающий специфику профессионально-трудовой деятельности, регулирования трудовых отношений, готовый учиться и трудиться в современном высокотехнологичном мире на благо государства и общества.</p> <p>Ориентированный на осознанное освоение выбранной сферы профессиональной деятельности с учётом личных жизненных планов, потребностей своей семьи, государства и общества.</p> <p>Обладающий сформированными представлениями о значении и ценности выбранной профессии, проявляющий уважение к своей профессии и своему</p>
--	--	---

		<p>профессиональному сообществу, поддерживающий позитивный образ и престиж своей профессии в обществе.</p> <p>Разделяющий корпоративные ценности и миссию работодателя. Помогающий реализовывать стратегию компании на рынке труда.</p> <p>Обеспечивающий собственную деятельность и действия подчиненных при возникновении чрезвычайных ситуаций техногенного и природного характера.</p> <p>Демонстрирующий знания и умения в профессиональной деятельности, обеспечивающие безаварийную работу при исполнении должностных обязанностей и сохранения здоровья и жизни членов экипажа.</p> <p>Умеющий самостоятельно определять цели профессиональной деятельности и разрабатывать планы для их достижения, осуществлять, контролировать и корректировать профессиональную деятельность, использовать разрешенные законом все возможные ресурсы для достижения поставленных целей.</p> <p>Умеющий эффективно взаимодействовать, продуктивно работать в составе экипажа морского судна, с уважением относящийся к чужому труду.</p>
<p><b>ОК 05</b></p> <p>Осуществлять устную и письменную коммуникацию на государственном языке Российской Федерации с учетом особенностей социального и культурного контекста</p>	<p><b>Умения:</b></p> <p>грамотно излагать свои мысли и оформлять документы по профессиональной тематике на государственном языке, проявлять толерантность в рабочем коллективе</p> <p><b>Знания:</b></p> <p>особенности социального и культурного</p>	<p><b>Патриотическое воспитание</b></p> <p>Осознающий свою национальную, этническую принадлежность, демонстрирующий приверженность к родной культуре, любовь к своему народу.</p> <p>Сознающий причастность к многонациональному народу Российской Федерации, Отечеству, общероссийскую идентичность.</p> <p>Проявляющий деятельное ценностное отношение к историческому и культурному наследию своего и других</p>

	<p>контекста; правила оформления документов построения сообщений и устных</p>	<p>народов России, их традициям, праздникам.</p> <p>Проявляющий уважение к соотечественникам, проживающим за рубежом, поддерживающий их права, защиту их интересов в сохранении общероссийской идентичности.</p> <p>Знающий историческую правду своей великой Родины, историю подвига арктических морских конвоев в годы Второй мировой войны, огромного вклада военных и гражданских моряков в Победу над фашистской Германией. Умеющий чтить и помнить подвиг советского народа в Великой Отечественной войне.</p> <p>Осознающий свою национальную, этническую принадлежность, демонстрирующий приверженность к родной культуре, морским традициям, выбранной профессии и выполнению воинского долга.</p> <p>Выражающий готовность к защите рубежей Российской Федерации от внешних и внутренних посягательств, а также защите новых территорий, включенных в состав России, от военной угрозы, санкционного и экономического давления.</p> <p><b>Духовно-нравственное воспитание</b></p> <p>Проявляющий приверженность традиционным духовно-нравственным ценностям, культуре народов России с учётом мировоззренческого, национального, конфессионального самоопределения.</p> <p>Проявляющий уважение к жизни и достоинству каждого человека, свободе мировоззренческого выбора и самоопределения, к представителям различных этнических групп, традиционных религий народов России, их национальному достоинству и религиозным чувствам с</p>
--	---	--

		<p>учётом соблюдения конституционных прав и свобод всех граждан.</p> <p>Понимающий и деятельно выражающий понимание ценности межнационального, межрелигиозного согласия, способный вести диалог с людьми разных национальностей и вероисповеданий, находить общие цели и сотрудничать для их достижения.</p> <p>Ориентированный на создание устойчивой семьи на основе российских традиционных семейных ценностей, рождение и воспитание детей и принятие родительской ответственности.</p> <p>Обладающий сформированными представлениями о ценности и значении в отечественной и мировой культуре языков и литературы народов России.</p> <p>Владеющий навыками эффективной адаптации, нахождения нестандартных решений, работы в команде, самоорганизации и стрессоустойчивости.</p> <p>Владеющий навыками эффективной адаптации, нахождения нестандартных решений, без конфликтной работы в составе экипажа, самоорганизации, взаимовыручки и стрессоустойчивости, доброжелательного отношения к коллегам.</p> <p>Демонстрирующий своим поведением уверенность в выполнении задач, поставленных морской компанией даже в самых сложных условиях. Умеющий чтить и преумножать давние морские традиции, умеющий справляться с ленью, усталостью, унынием.</p> <p><b>Эстетическое воспитание</b></p> <p>Выражающий понимание ценности отечественного и мирового искусства, российского и мирового художественного наследия.</p>
--	--	---

		<p>Проявляющий восприимчивость к разным видам искусства, понимание эмоционального воздействия искусства, его влияния на душевное состояние и поведение людей, умеющий критически оценивать это влияние.</p> <p>Проявляющий понимание художественной культуры как средства коммуникации и самовыражения в современном обществе, значение нравственных норм, ценностей, традиций в искусстве.</p> <p>Ориентированный на осознанное творческое самовыражение, реализацию творческих способностей, на эстетическое обустройство собственного быта, профессиональной среды.</p> <p>Проявляющий ценностное отношение к культуре речи и культуре поведения в условиях работы в экипаже и при личном общении со всеми членами экипажа, независимо от служебного ранга.</p> <p>Умеющий осуществлять планирование своего досуга.</p>
<p><b>ОК 06</b></p> <p>Проявлять гражданско-патриотическую позицию, демонстрировать осознанное поведение на основе традиционных общечеловеческих ценностей, в том числе с учетом гармонизации межнациональных и межрелигиозных отношений, применять стандарты антикоррупционного поведения</p>	<p><b>Умения:</b></p> <p>описывать значимость своей специальности; осуществлять взаимодействие с учетом особенностей межнациональных и межрелигиозных отношений, применять стандарты антикоррупционного поведения</p> <p><b>Знания:</b></p> <p>сущность гражданско-патриотической позиции, общечеловеческих ценностей; значимость профессиональной деятельности по специальности; особенности межнациональных и</p>	<p><b>Гражданское воспитание</b></p> <p>Осознанно выражающий свою российскую гражданскую принадлежность (идентичность) в поликультурном, многонациональном и многоконфессиональном российском обществе, в мировом сообществе.</p> <p>Сознающий своё единство с народом России как источником власти и субъектом тысячелетней российской государственности, с Российским государством, ответственность за его развитие в настоящем и будущем на основе исторического просвещения, российского национального исторического сознания.</p> <p>Проявляющий гражданско-патриотическую позицию, готовность к защите Родины, способный аргументированно отстаивать</p>

	<p>межрелигиозных отношений, стандарты антикоррупционного поведения и последствия его нарушения</p>	<p>суверенитет и достоинство народа России и Российского государства, сохранять и защищать историческую правду.</p> <p>Ориентированный на активное гражданское участие в социально-политических процессах на основе уважения закона и правопорядка, прав и свобод сограждан.</p> <p>Осознанно и деятельно выражающий неприятие любой дискриминации по социальным, национальным, расовым, религиозным признакам, проявлений экстремизма, терроризма, коррупции, антигосударственной деятельности.</p> <p>Обладающий опытом гражданской социально значимой деятельности (в студенческом самоуправлении, добровольческом движении, предпринимательской деятельности, экологических, военно-патриотических и др. объединениях, акциях, программах).</p> <p>Демонстрирующий готовность и способность вести диалог с другими людьми, достигать в нем взаимопонимания, находить общие цели и взаимодействовать для их достижения в профессиональной сфере.</p> <p>Проявляющий гражданское отношение к профессиональной деятельности, как возможности личного участия в решении общественных, государственных и общенациональных задач.</p> <p>Обладающий профессиональными качествами, необходимыми для дальнейшего развития морской и речной транспортной отрасли во всех регионах Российской Федерации.</p> <p>Проявляющий сознательное отношение к государственной политике по дальнейшему многоцелевому развитию Арктики и Северного морского</p>
--	---	--



		<p>пути, а также новых территорий, включенных в состав России: Донецкой Народной Республики и Херсонской области, имеющих выход к Азовскому и Черному морям.</p> <p>Проявляющий гражданско-патриотическую позицию, готовность к защите Родины от внешних и внутренних посягательств, способный аргументированно отстаивать суверенитет и достоинство народов России и Российского государства, сохранять и защищать историческую правду.</p> <p><b>Патриотическое воспитание</b></p> <p>Осознающий свою национальную, этническую принадлежность, демонстрирующий приверженность к родной культуре, любовь к своему народу.</p> <p>Сознающий причастность к многонациональному народу Российской Федерации, Отечеству, общероссийскую идентичность.</p> <p>Проявляющий деятельное ценностное отношение к историческому и культурному наследию своего и других народов России, их традициям, праздникам.</p> <p>Проявляющий уважение к соотечественникам, проживающим за рубежом, поддерживающий их права, защиту их интересов в сохранении общероссийской идентичности.</p> <p>Знающий историческую правду своей великой Родины, историю подвига арктических морских конвоев в годы Второй мировой войны, огромного вклада военных и гражданских моряков в Победу над фашистской Германией. Умеющий чтить и помнить подвиг советского народа в Великой Отечественной войне.</p> <p>Осознающий свою национальную, этническую принадлежность,</p>
--	--	--

		<p>демонстрирующий приверженность к родной культуре, морским традициям, выбранной профессии и выполнению воинского долга.</p> <p>Выражающий готовность к защите рубежей Российской Федерации от внешних и внутренних посягательств, а также защите новых территорий, включенных в состав России, от военной угрозы, санкционного и экономического давления.</p> <p><b>Духовно-нравственное воспитание</b></p> <p>Проявляющий приверженность традиционным духовно-нравственным ценностям, культуре народов России с учётом мировоззренческого, национального, конфессионального самоопределения.</p> <p>Проявляющий уважение к жизни и достоинству каждого человека, свободе мировоззренческого выбора и самоопределения, к представителям различных этнических групп, традиционных религий народов России, их национальному достоинству и религиозным чувствам с учётом соблюдения конституционных прав и свобод всех граждан.</p> <p>Понимающий и деятельно выражающий понимание ценности межнационального, межрелигиозного согласия, способный вести диалог с людьми разных национальностей и вероисповеданий, находить общие цели и сотрудничать для их достижения.</p> <p>Ориентированный на создание устойчивой семьи на основе российских традиционных семейных ценностей, рождение и воспитание детей и принятие родительской ответственности.</p> <p>Обладающий сформированными представлениями о ценности и значении в отечественной и мировой культуре языков и литературы народов России</p>
--	--	---

	<p>Владеющий навыками эффективной адаптации, нахождения нестандартных решений, работы в команде, самоорганизации и стрессоустойчивости.</p> <p>Владеющий навыками эффективной адаптации, нахождения нестандартных решений, без конфликтной работы в составе экипажа, самоорганизации, взаимовыручки и стрессоустойчивости, доброжелательного отношения к коллегам.</p> <p>Демонстрирующий своим поведением уверенность в выполнении задач, поставленных морской компанией даже в самых сложных условиях. Умеющий чтить и преумножать давние морские традиции, умеющий справляться с ленью, усталостью, унынием.</p>
--	---

## 2. КОДИФИКАТОР ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Функциональный признак оценочного средства (тип контрольного задания)	Метод/форма контроля
Расчётная задача	Контрольная работа, индивидуальное домашнее задание, лабораторная работа, практические занятия, дифференцированный зачёт, экзамен
Практическое задание	Лабораторная работа, практические занятия, дифференцированный зачёт, экзамен
Тест, тестовое задание	Тестирование, дифференцированный зачёт, экзамен
Проектное задание	Учебный проект, исследовательский, обучающий, сервисный, социальный творческий, рекламно-презентационный

Распределение типов контрольных заданий по элементам знаний и умений.

Содержание учебного материала по программе учебной дисциплины	Тип контрольного задания									
	У1	31	32	33						
Раздел 1 Законы газов и жидкостей. Основные параметры состояния.										
Тема 1.1. Общие законы статики газов и жидкостей. Законы идеальных газов.	ПР	ОК	ОК	ОК						
Тема 1.2. Теплоёмкость газов.	ПР	ОК	ОК	ОК						

Раздел 2 Законы термодинамики.									
Тема 2.1. Закон сохранения энергии.	ПР	ОК	ОК	ОК					
Тема 2.2. Термодинамические процессы газов.	ПР	ОК	ОК	ОК					
Тема 2.3. Сущность второго начала термодинамики.	ПР	ОК	ОК	ОК					
Раздел 3 Циклы тепловых двигателей и процессы компрессорных машин.									
Тема 3.1. Цикл Карно теплового двигателя	ПР	ОК	ОК	ОК					
Тема 3.2. Энтропия.	ПР	ОК	ОК	ОК					
Тема 3.3. Процессы компрессорных машин.	ПР	ОК	ОК	ОК					
Тема 3.4. Термодинамические циклы ДВС.	ПР	ОК	ОК	ОК					
Тема 3.5. Характеристики топлив.	ПР	ОК	ОК	ОК					
Раздел 4 Водяные пары									
Тема 4.1. Общие свойства жидкостей и паров, таблицы и диаграммы.	ПР	ОК	ОК	ОК					
Тема 4.2. Термодинамические процессы водяных паров.	ПР	ОК	ОК	ОК					
Тема 4.3. Истечение газов и паров.	ПР	ОК	ОК	ОК					
Промежуточная аттестация	ДЗ	ДЗ	ДЗ	ДЗ					

Условные обозначения:

- ФО – фронтальный (устный) опрос;
- ТК – тестовый контроль;
- ОК – проверка опорных конспектов;
- ИЗ – выполнение индивидуальных заданий;
- ПР – выполнение практической работы;
- ДЗ – дифференцированный зачёт
- ЭК - экзамен

### **3. СИСТЕМА ОЦЕНКИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ДОСТИЖЕНИЙ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО КАЖДОМУ ОЦЕНОЧНОМУ СРЕДСТВУ**

Оценка индивидуальных образовательных достижений по результатам текущего контроля и промежуточной аттестации производится в соответствии с универсальной шкалой (таблица)

Процент результативности (правильных ответов)	Качественная оценка индивидуальных образовательных достижений	
	балл (отметка)	вербальный аналог
90-100	5	отлично
80-89	4	хорошо
70-79	3	удовлетворительно
менее 70	2	неудовлетворительно

#### Критерии оценки выполненного практического задания

Оценка 5 («отлично») ставится за работу, выполненную полностью без ошибок и недочётов.

Оценка 4 («хорошо») ставится за работу, выполненную полностью, но при наличии в ней не более одной негрубой ошибки и одного недочёта, не более трёх недочётов.

Оценка 3 («удовлетворительно») ставится, если обучающийся правильно выполнил не менее 2/3 всей работы или допустил не более одной грубой ошибки и двух недочётов, не более одной грубой и одной не грубой ошибки, не более трёх негрубых ошибок, одной негрубой ошибки и трёх недочётов, при наличии четырёх-пяти недочётов.

Оценка 2 («неудовлетворительно») ставится, если число ошибок и недочётов превысило норму для оценки 3 или правильно выполнено менее 2/3 всей работы.

#### Критерии оценки ответов в ходе устного опроса

Оценивается правильность ответа, обучающегося на один из приведённых вопросов. При этом выставляются следующие оценки:

«Отлично» выставляется при соблюдении обучающимся следующих условий:

- полно раскрыл содержание материала в объёме, предусмотренном программой, содержанием лекции и учебником;
- изложил материал грамотным языком в определенной логической последовательности, точно используя специализированную терминологию и символику;
- показал умение иллюстрировать теоретические положения конкретными примерами, применять их в новой ситуации при выполнении практического задания;
- продемонстрировал усвоение ранее изученных сопутствующих вопросов, сформированность и устойчивость используемых при ответе умений и навыков;
- отвечал самостоятельно без наводящих вопросов преподавателя.

Примечание: для получения отметки «отлично» возможны одна-две неточности при освещении второстепенных вопросов или в выкладках, которые обучающийся легко исправил по замечанию преподавателя.

«Хорошо» - ответ обучающегося в основном удовлетворяет требованиям на оценку «отлично», но при этом имеет один из недостатков:

- в изложении допущены небольшие пробелы, не исказившие логического и информационного содержания ответа;
- допущены один-два недочёта при освещении основного содержания ответа, исправленные по замечанию преподавателя;
- допущены ошибка или более двух недочётов при освещении второстепенных вопросов или в выкладках, легко исправленные по замечанию преподавателя.

«Удовлетворительно» выставляется при соблюдении следующих условий:

- неполно или непоследовательно раскрыто содержание материала, но показано

общее понимание вопроса и продемонстрированы умения, достаточные для дальнейшего усвоения программного материала, имелись затруднения или допущены ошибки в определении понятий, использовании терминологии и выкладках, исправленные после нескольких наводящих вопросов преподавателя;

– обучающийся не справился с применением теории в новой ситуации при выполнении практического задания, но выполнил задания обязательного уровня сложности по данной теме;

– при знании теоретического материала выявлена недостаточная сформированность основных умений и навыков.

«Неудовлетворительно» выставляется при соблюдении следующих условий:

– не раскрыто основное содержание учебного материала;

– обнаружено незнание или непонимание обучающимся большей или наиболее важной части учебного материала;

– допущены ошибки в определении понятий, при использовании терминологии и иных выкладках, которые не исправлены после нескольких наводящих вопросов преподавателя;

– обучающийся обнаружил полное незнание и непонимание изучаемого учебного материала или не смог ответить ни на один из поставленных вопросов по изучаемому материалу.

Критерии оценки составления и оформления опорных конспектов

В ходе проверки преподавателем опорные конспекты оцениваются по следующим критериям:

1. Соответствие содержания теме.
2. Правильная структурированность информации.
3. Наличие логической связи изложенной информации.
4. Аккуратность и грамотность изложения.
5. Работа сдана в срок.

Каждый критерий оценивается по 5-балльной шкале. При выставлении оценки за опорный конспект выводится среднее значение оценки по пяти перечисленным критериям, округляемое до целого значения (до оценки) по правилам округления.

Критерии оценки выполнения практических работ и индивидуальных (в т.ч. зачётных) заданий:

1. Задание считается выполненным безупречно, если результат практической работы получен при правильном ходе решения задания и аккуратном выполнении.

2. Задание считается невыполненным, если обучающийся не приступил к его выполнению или допустил в нем погрешность, считающуюся, в соответствии с целью работы, ошибкой.

В ходе оценивания выполнения практических и индивидуальных заданий используется пятибалльная система оценок. Положительная оценка («3», «4», «5») выставляется, когда обучающийся показал владение основными умениями в рамках выполнения практической работы или индивидуального задания:

1. «Отлично» выставляется при соблюдении следующих условий:

– обучающийся самостоятельно выполнил все этапы решения задач в рамках выполнения практических и индивидуальных заданий;

– работа выполнена полностью и получен верный ответ или иное требуемое представление результата работы.

2. «Хорошо» выставляется при соблюдении следующих условий:

- работа выполнена полностью, но при выполнении обнаружилось недостаточное владение навыками работы с инструментарием (оборудование, приборы и т.п.) в рамках поставленной задачи;
- правильно выполнена большая часть работы (свыше 85 %);
- работа выполнена полностью, но использованы наименее оптимальные подходы к решению поставленной задачи.

3. «Удовлетворительно» выставляется при соблюдении следующих условий:

- работа выполнена не полностью, допущено более трёх ошибок, но обучающийся владеет основными навыками работы с инструментарием (оборудование, приборы и т.п.), требуемым для решения поставленной задачи.

4. «Неудовлетворительно» выставляется при соблюдении следующих условий:

- допущены существенные ошибки, показавшие, что обучающийся не владеет обязательными знаниями, умениями и навыками работы на ПК или значительная часть работы выполнена не самостоятельно.

Критерии оценки в ходе экзамена

В основе оценки при сдаче экзамена лежит пятибалльная система (5 «отлично», 4 «хорошо», 3 «удовлетворительно», 2 «неудовлетворительно»).

1. Ответ оценивается на «отлично», если обучающийся исчерпывающе, последовательно, грамотно и логически стройно излагает материал по вопросам билета (теста), не затрудняется с ответом при видоизменении задания, свободно справляется с решением практических задач и способен обосновать принятые решения, не допускает ошибок.

2. Ответ оценивается на «хорошо», если обучающийся твёрдо знает программный материал, грамотно и по существу его излагает, не допускает существенных неточностей при ответах, умеет грамотно применять теоретические знания на практике, а также владеет необходимыми навыками решения практических задач.

3. Ответ оценивается на «удовлетворительно», если обучающийся освоил только основной материал, однако не знает отдельных деталей, допускает неточности и некорректные формулировки, нарушает последовательность в изложении материала и испытывает затруднения при выполнении практических заданий.

4. Ответ оценивается на «неудовлетворительно», если обучающийся не раскрыл основное содержание материала, допускает существенные ошибки, с большими затруднениями выполняет практические задания.

#### **4. БАНК КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ УСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

##### **4.1 Текущий контроль**

##### **4.1.2. ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ**

Перечень практических занятий

№	Практическое занятие (тема)	Время, отведенное на выполнение практической работы	Формируемые компетенции в соответствии с ФГОС СПО, МК ПДНВ

1	Определение основных параметров состояния газа	1 ч	ОК 1 - ОК 2, ОК 4 - ОК 6
2	Определение теплоемкостей идеальных газов	2 ч	ОК 1 - ОК 2, ОК 4 - ОК 6
3	Первый закон термодинамики	2 ч	ОК 1 - ОК 2, ОК 4 - ОК 6
4	Исследование газовых термодинамических процессов	2 ч	ОК 1 - ОК 2, ОК 4 - ОК 6
5	Второй закон термодинамики	2 ч	ОК 1 - ОК 2, ОК 4 - ОК 6
6	Исследование цикла Карно теплового двигателя	2 ч	ОК 1 - ОК 2, ОК 4 - ОК 6
7	Компрессорные машины	2 ч	ОК 1 - ОК 2, ОК 4 - ОК 6
8	Исследование цикла ДВС со смешанным подводом теплоты	2 ч	ОК 1 - ОК 2, ОК 4 - ОК 6
9	Топливо и его горение	1 ч	ОК 1 - ОК 2, ОК 4 - ОК 6
10	Параметры водяных паров	1 ч	ОК 1 - ОК 2, ОК 4 - ОК 6
11	Применение в технике уравнения Бернулли	1 ч	ОК 1 - ОК 2, ОК 4 - ОК 6
		ИТОГО: 20 час	



## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 1

**Тема: Определение основных параметров состояния газа (в системе СИ).**

### Цель практического занятия:

- Закрепление теоретического материала;
- Развитие навыков самостоятельной деятельности;
- Формирование компетенций/компетентностей в соответствии с требованиями ФГОС СПО/ МК ПДНВ (код). (ОК 1 - ОК 2, ОК 4 - ОК 6).

Требования к результатам освоения учебной дисциплины в соответствии с ФГОС СПО:

### Обучающийся должен уметь:

- выполнять термодинамический расчет теплоэнергетических устройств и двигателей.

### знать:

- общие законы статики и динамики жидкостей и газов, законы термодинамики, основные понятия теории теплообмена.

**Время выполнения:** 1 академический час

### Содержание работы:

Величины, характеризующие тело в данном состоянии, называются параметрами состояния. Основными параметрами являются: удельный объем (величина, обратная плотности)  $\text{кг/м}^3$ , давление (Па) и температура (К).

### Ход работы:

1. Определите плотность и удельный объем газа

1.1. Найдите плотность и удельный объем, если масса  $1 \text{ м}^3$  метана составляет  $0,7 \text{ кг}$ .

1.2. Найдите удельный объем воздуха, если плотность воздуха =  $1,293 \text{ кг/м}^3$ .

2. Определите давление газа.

**2.1.Пример:** Давление воздуха по ртутному барометру =  $770 \text{ мм рт. ст.}$

### Решение

$1 \text{ мм рт ст} = 133,3 \text{ Па}$ , следовательно,  $770 \text{ мм рт ст} = 102641 \text{ Па} = 102,6 \text{ кПа}$

2.2 Выразите в единицах СИ давления  $367,7$  и  $882,6 \text{ мм рт ст}$ .

2.3 Выразите давление =  $100 \text{ кПа}$  в  $\text{мм рт ст}$

2.4 Диаметр днища коллектора водотрубного котла  $d=1,2 \text{ м}$ . Давление пара в котле  $p = 2,5 \text{ МПа}$ . Найдите силу, действующую на днище коллектора котла изнутри.

3. Определите температуру помня, что  $T = t^{\circ\text{C}} + 273 \text{ К}$

3.1 Водяной пар перегрет на  $45^{\circ\text{C}}$ . Чему соответствует этот перегрев в К?

3.2 Скольким градусам шкалы Цельсия соответствует абсолютный ноль?

3.3 Рассчитайте температуру в  $^{\circ}\text{C}$ , если  $T = 283\text{K}$ .

### **Контрольные вопросы**

1. Назовите основные параметры состояния газа.
2. Укажите единицы измерения параметров состояния.

### **Требования к отчёту по практической работе:**

Выполненная работа представляется преподавателю в тетради для выполнения практических работ.

### **Критерии оценивания:**

- «2» - нет ответа на вопрос и неправильное решение задачи;
- «3» - нет ответа на вопрос, правильное решение задачи;
- «4» - не полный ответ на вопрос, правильное решение задачи;
- «5» - полный ответ и правильное решение задачи.

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 2

### Тема: Определение теплоёмкостей идеальных газов

#### Цель практического занятия:

- Закрепление теоретического материала;
- Развитие навыков самостоятельной деятельности;
- Формирование компетенций/компетентностей в соответствии с требованиями ФГОС СПО/ МК ПДНВ (код). (ОК 1 - ОК 2, ОК 4 – ОК 6).

Требования к результатам освоения учебной дисциплины в соответствии с ФГОС СПО:

#### Обучающийся должен уметь:

- выполнять термодинамический расчет теплоэнергетических устройств и двигателей.

#### знать:

- общие законы статики и динамики жидкостей и газов, законы термодинамики, основные понятия теории теплообмена.

**Время выполнения:** 2 академических часа

#### Содержание работы

Теплоёмкость - величина, равная отношению сообщаемой телу или отводимой от него теплоты к соответствующему изменению его температуры:  $c = Q / \Delta T$ . Различают удельную ( $c = C / m$ ) и молярную ( $C_m = C / n$ ) теплоёмкости, а также истинную (при заданной температуре) и среднюю (в заданном интервале температур).

Средняя удельная теплоёмкость:  $C = Q / m (T_2 - T_1)$ .

Средняя молярная теплоёмкость:  $C_m = Q / n (T_2 - T_1)$ .

Их соотношение:  $C / C_m = n / m$ , но  $m / n = M$ , отсюда  $C = C_m / M$

#### Ход работы:

##### Пример

1. Найдите среднюю удельную теплоёмкость кислорода при  $p = \text{const}$  при повышении его температуры от 600 до 2000 °С.

Решение:

Искомая теплоёмкость равна истинной удельной изобарной теплоёмкости при средней арифметической температуре  $t = (600 + 2000)/2 = 1300$  °С.

Находим по таблице истинную удельную изобарную ( $p = \text{const}$ ) теплоёмкость кислорода:

При  $t = 1300$  °С:  $C_p = 1,1476$  кДж/(кг К)

2. Найдите средние удельные изохорную и изобарную теплоёмкости кислорода в интервале температур 1800 — 1200 °С.

3. Найдите среднюю молярную изобарную теплоёмкость углекислого газа при повышении его температуры от 200 до 1000 °С (M найти в таблице).

4. От азота, заключенного в баллоне, отводится 17000 кДж теплоты.

При этом его температура понижается от 800 до 200°С. Найдите массу азота.

5. Найдите количество теплоты, необходимое для нагревания при  $V = \text{const}$  10 кг азота от 200 до 800 °С .

**Контрольные вопросы:**

1. От каких параметров зависит значение теплоёмкости паров и идеальных газов?
2. Как определить молярную теплоёмкость газа по удельной теплоёмкости ?

**Требования к отчёту по практической работе:**

Выполненная работа представляется преподавателю в тетради для выполнения практических работ.

**Критерии оценивания:**

- «2» - нет ответа на вопрос и неправильное решение задачи;
- «3» - нет ответа на вопрос, правильное решение задачи;
- «4» - не полный ответ на вопрос, правильное решение задачи;
- «5» - полный ответ и правильное решение задачи.

### ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 3

**Тема: Первый закон термодинамики.**

**Цель практического занятия:**

- Закрепление теоретического материала;
- Развитие навыков самостоятельной деятельности;
- Формирование компетенций/компетентностей в соответствии с требованиями ФГОС СПО/ МК ПДНВ (код). (ОК 1 - ОК 2, ОК 4 - ОК 6).

Требования к результатам освоения учебной дисциплины в соответствии с ФГОС СПО:

Обучающийся должен **уметь:**

- выполнять термодинамический расчет теплоэнергетических устройств и двигателей.

**знать:**

- общие законы статики и динамики жидкостей и газов, законы термодинамики, основные понятия теории теплообмена.

**Время выполнения:** 2 академических часа

**Содержание работы:**

Согласно первому началу термодинамики вся подведенная к рабочему телу теплота расходуется на изменение внутренней энергии и на совершение работы изменения объема.

$$Q_{1,2} = (U_2 - U_1) + L_{1,2}$$

$Q_{1,2}$  - теплота, подводимая или отводимая в процессе 1-2

$U_1$  и  $U_2$  - внутренняя энергия в начале и конце процесса

$L_{1,2}$  - работа изменения объема

**Ход работы:**

Пример 1.

Газ находился в цилиндре с поршнем площадью поперечного сечения  $200 \text{ см}^2$ . После того, как газ нагрели, сообщив ему количество теплоты в  $1,5 \cdot 10^5 \text{ Дж}$ , поршень сдвинулся на расстояние 30 см. Как изменилась внутренняя энергия газа, если его давление осталось равным  $2 \cdot 10^7 \text{ Па}$ .

**Решение.**

1. Запишем уравнение первого начала термодинамики:

$$Q_{1,2} = (U_2 - U_1) + L_{1,2}$$

$$(U_2 - U_1) = Q_{1,2} - L_{1,2}$$

2. Найдем работу изменения объема, которую совершил газ:

$$L_{1,2} = pSh$$

$$L_{1,2} = 2 \cdot 10^7 * 2 \cdot 10^{-2} * 3 \cdot 10^{-1} = 1,2 \cdot 10^5 \text{ Дж}$$

3. Найдем изменение внутренней энергии:

$$(U_2 - U_1) = 1,5 \cdot 10^5 - 1,2 \cdot 10^5 = 0,3 \cdot 10^5 \text{ Дж} = 30 \text{ кДж}$$

**Задача:**

1. Газ получает из внешней среды теплоту 700 Дж, при этом внутренняя энергия газа возрастает на 150 Дж. Какую работу совершает газ?

2. Газ находился в цилиндре с поршнем площадью поперечного сечения 0,1 м<sup>2</sup>. После того, как газ нагрели, сообщив ему количество теплоты в 20 кДж, его внутренняя энергия изменилась на 2 кДж. Давление осталось равным 2 МПа. На какое расстояние сместился поршень?

**Контрольные вопросы:**

1. Как формулируется первое начало термодинамики?
2. В каком случае работа изменения объема является отрицательной?

**Требования к отчёту по практической работе:**

Выполненная работа представляется преподавателю в тетради для выполнения практических работ.

**Критерии оценивания:**

- «2» - нет ответа на вопрос и неправильное решение задачи;
- «3» - нет ответа на вопрос, правильное решение задачи;
- «4» - не полный ответ на вопрос, правильное решение задачи
- «5» - полный ответ и правильное решение задачи.

**ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 4****Исследование термодинамических процессов.**

Вариант 1. Тема: Исследование изохорного процесса газов

**Цель практического занятия:**

- Систематизация теоретического материала;
- Развитие навыков самостоятельной деятельности;
- Формирование компетенций/компетентностей в соответствии с требованиями ФГОС СПО/ МК ПДНВ (код). (ОК 1 - ОК 2, ОК 4 - ОК 6).

Требования к результатам освоения учебной дисциплины в соответствии с ФГОС СПО:

Обучающийся должен **уметь:**

- выполнять термодинамический расчет теплоэнергетических устройств и двигателей.

**знать:**

- общие законы статики и динамики жидкостей и газов, законы термодинамики, основные понятия теории теплообмена

**Время выполнения:** 2 академических часа

**Содержание работы:**

**Изохорный процесс** - изменение состояния рабочего тела, при котором удельный объём его остаётся постоянным ( $v = \text{const}$ ). На  $p$ - $v$ -диаграмме изохора - прямая линия, // оси давлений. В соответствии с законом Шарля  $p_1 / p_2 = T_1 / T_2$ .

Изменение уд. внутренней энергии  $u_2 - u_1 = c (T_2 - T_1)$ .

Уд. работа изменения объёма  $l_{1,2} = P (v_2 - v_1) = 0$ .

Уд. работа изменения давления  $w_{1,2} = v (p_1 - p_2)$ .

Уравнение первого начала ТД примет вид  $q_{1,2} = c (T_2 - T_1)$ .

Для газа произвольной массы  $m$  кг работа изменения объёма  $L_{1,2} = m l_{1,2} = 0$ ;

работа изменения давления  $W_{1,2} = V (p_1 - p_2)$ ;

изменение внутренней энергии  $U_2 - U_1 = m c (T_2 - T_1)$ ;

уравнение первого начала ТД  $Q_{1,2} = m c (T_2 - T_1)$ .

**Ход работы:**

Пример 1. В баллоне  $V = 15$  л воздух под  $p = 0,4$  МПа при  $t = 30^\circ\text{C}$ .

Какова температура воздуха после подвода к нему 16 кДж теплоты? Удельная изохорная теплоёмкость  $c = 736$  Дж / (кг К).

**Решение.**

1. Вычислим массу воздуха

$$m = p_1 V / (R_0 T) = 400000 * 0,015 / (287,1 * 303) = 0,069 \text{ кг}$$

$R_0$  найдем по таблице,  $R_0 = 287,1 \text{ Дж / (кг К)}$ .

2. Найдём конечную температуру.

$$t_2 = t_1 + Q / (m * c) = 30 + 16000 / (0,069 * 736) = 366^\circ\text{C}.$$

**Задача:**

1. К воздуху в баллоне вместимостью 100л при  $p = 0,3 \text{ МПа}$  и  $t = 15^\circ\text{C}$  подводится теплота в количестве 148,8 кДж. Найдите конечные температуру и давление воздуха в баллоне, если удельная изохорная теплоёмкость  $c = 752 \text{ Дж / (кг К)}$ .

2. В пусковом баллоне дизеля находится воздух под давлением  $p_1 = 2,4 \text{ МПа}$  и при температуре  $T_1 = 500 \text{ К}$ . Найдите давление в баллоне при охлаждении воздуха в нём до  $15^\circ\text{C}$  и количество выделенной при этом теплоты, если вместимость баллона  $0,5 \text{ м}^3$ , а удельная изохорная теплоёмкость  $c = 726 \text{ Дж / (кг К)}$ .

3. Какое количество теплоты нужно сообщить углекислому газу, находящемуся в баллоне вместимостью  $0,8 \text{ м}^3$ , для повышения давления от  $0,1$  до  $0,5 \text{ МПа}$ , принимая, что удельная изохорная теплоёмкость  $c = 838 \text{ Дж / (кг К)}$ ?

**Контрольные вопросы:**

1. Какие процессы называются изохорными и как изохора изображается на диаграмме?
2. Какая удельная работа изменения (объёма или давления) равна нулю?

**Требования к отчёту по практической работе:**

Выполненная работа представляется преподавателю в тетради для выполнения практических работ.

**Критерии оценивания:**

- «2» - нет ответа на вопрос и неправильное решение задачи;
- «3» - нет ответа на вопрос, правильное решение задачи;
- «4» - не полный ответ на вопрос, правильное решение задачи
- «5» - полный ответ и правильное решение задачи.

Вариант 2. Тема: Исследование изобарного процесса газа

**Цель практического занятия:**

- Систематизация теоретического материала;
- Развитие навыков самостоятельной деятельности;
- Формирование компетенций/компетентностей в соответствии с требованиями ФГОС СПО/ МК ПДНВ (код). (ОК 1 - ОК 2, ОК 4 - ОК 7).

Требования к результатам освоения учебной дисциплины в соответствии с ФГОС СПО:

Обучающийся должен **уметь:**



- выполнять термодинамический расчет теплоэнергетических устройств и двигателей.

**знать:**

- общие законы статики и динамики жидкостей и газов, законы термодинамики, основные понятия теории теплообмена

**Время выполнения:** 2 академических часа

**Содержание работы:**

Изобарный процесс- изменение состояния рабочего тела, при котором давление его остаётся постоянным ( $p = \text{const}$ ). Изобара - прямая линия оси удельных объёмов. Соотношения между параметрами соответствуют закону Гей-Люссака  $v_1 / v_2 = T_1 / T_2$ . Изменение внутренней энергии не зависит от вида процесса (см. изохорный процесс). Удельная работа изменения объёма примет вид

$$l_{1,2} = p (v_2 - v_1) \text{ или } l_{1,2} = R_0 (T_2 - T_1).$$

$$w_{1,2} = 0.$$

Уравнение первого начала ТД

$$q_{1,2} = c_p (T_2 - T_1) \text{ или } h_2 - h_1 = c_p (T_2 - T_1).$$

Для идеальных газов любой массы  $m$  работа изменения объёма  $L_{1,2} = m R_0 (T_2 - T_1)$ ; количество теплоты  $Q = m c_p (T_2 - T_1)$ ;

$$\text{изменение внутренней энергии (все виды процессов)} U_2 - U_1 = m c_v (T_2 - T_1).$$

**Ход работы:**

Пример. Азот массой 0,5 кг расширяется по изобаре ( $p = 0,3$  МПа) так, что его температура повышается от 100 до 300 °С. Найдите конечный объём азота, совершённую им работу и подведённую теплоту.

**Решение.**

1. Из таблицы находим удельную газовую постоянную для азота:

$$R_0 = 296,8 \text{ Дж}/(\text{кг К})$$

$$\text{определим начальный объём } V_1 = m R_0 T_1 / p_1 = 0,184 \text{ м}^3.$$

теперь найдём конечный объём:

$$V_2 = V_1 T_2 / T_1 = 0,284 \text{ м}^3.$$

2. Определим работу изменения объёма:  $L_{1,2} = p (V_2 - V_1) = 30 \text{ кДж}$ .

3. Определим теплоту, подведённую к газу, предварительно найдя (табл.) среднюю удельную изобарную теплоёмкость  $c_p = 1,052 \text{ кДж}/(\text{кг К})$ .

Тогда  $Q_{1,2} = m c_p (t_2 - t_1) = 105,2 \text{ кДж}$ .

**Задача:**

1. Воздуху сообщается 42 кДж теплоты. Найдите совершённую работу, если  $c_p = 1,01 \text{ кДж}/(\text{кг К})$ .

2. Воздух объемом  $3 \text{ м}^3$  при  $t = 10 \text{ }^\circ\text{C}$  расширяется с увеличением объема в 1,5 раза при подводе к нему  $630 \text{ кДж}$  теплоты. Найдите давление расширения и совершенную при этом работу, если  $c_p = 1,008 \text{ кДж/(кг К)}$ .

3. Воздух при начальных условиях  $V_1 = 50 \text{ л}$ ,  $T_1 = 850 \text{ К}$ ,  $p = 3 \text{ МПа}$  расширяется до  $V_2 = 0,10 \text{ м}^3$ . Найдите конечную температуру, подведенную теплоту, изменение внутренней энергии и работу изменения объема.

4. Воздух при начальных условиях  $V_1 = 0,2 \text{ м}^3$ ,  $p_1 = 0,2 \text{ МПа}$  подогревается в цилиндре  $D = 0,5 \text{ м}$  от  $18$  до  $182 \text{ }^\circ\text{C}$ . Найдите работу расширения и расстояние, на которое сместится поршень в цилиндре, а также подведенную теплоту.

### Контрольные вопросы

1. Какие процессы называются обратимыми?
2. Как изменяется температура газа при изобарном расширении?
3. Какая работа изменения (объема или давления) при данном процессе равна нулю?

### Требования к отчёту по практической работе:

Выполненная работа представляется преподавателю в тетради для выполнения практических работ.

### Критерии оценивания:

- «2» - нет ответа на вопрос и неправильное решение задачи;
- «3» - нет ответа на вопрос, правильное решение задачи;
- «4» - не полный ответ на вопрос, правильное решение задачи
- «5» - полный ответ и правильное решение задачи.

Вариант 3. Тема: Исследование изотермического процесса газа.

### Цель практического занятия:

- Систематизация теоретического материала;
- Развитие навыков самостоятельной деятельности;
- Формирование компетенций/компетентностей в соответствии с требованиями ФГОС СПО/ МК ПДНВ (код). (ОК 1 - ОК 2, ОК 4 - ОК 7).

Требования к результатам освоения учебной дисциплины в соответствии с ФГОС СПО:

Обучающийся должен **уметь:**

- выполнять термодинамический расчет теплоэнергетических устройств и двигателей.

**знать:**

- общие законы статики и динамики жидкостей и газов, законы термодинамики, основные понятия теории теплообмена

**Время выполнения:** 2 академических часа

**Содержание работы:** Изотермический процесс - изменение состояния рабочего тела, при котором температура его остаётся постоянной ( $T = \text{const}$ ). Соотношение между параметрами соответствует закону Бойля - Мариотта:

$$v_2 / v_1 = p_1 / p_2 \text{ или } p_1 * v_1 = p_2 * v_2$$

Изотерма - равноосная гипербола в осях  $p-v$ . Удельная работа изменения объема определяется по формуле  $l_{1,2} = 2,3 p_1 v_1 \lg(v_2/v_1)$  или  $l_{1,2} = 2,3 p_1 v_1 \lg(p_1/p_2)$ , а  $l_{1,2} = w_{1,2}$

$$\text{Удельная теплота } q_{1,2} = l_{1,2},$$

$$\text{т.к. } q = u_2 - u_1 + l_{1,2}, \text{ но в изотермическом процессе } u_2 - u_1 = 0$$

**Ход работы:**

**Пример 1.** Газ при н.у,  $p_1 = 50$  кПа,  $v_1 = 0,5$  м<sup>3</sup>/кг. Построить в осях  $p - V$  изотерму сжатия.

**Решение.** Строим в осях  $p-v$  т.1 с нашими параметрами, соблюдая масштаб.

Проводим через т.1 горизонтальную и вертикальную прямые  $1d$  и  $1m$ . Из начала координат  $0$  проводим луч  $0a$  под произвольным углом к осям, но так, чтобы он пересек прямые  $1m$  и  $1d$ . Из точек пересечения  $a$  и  $a'$  восстановим к этим прямым перпендикуляры, которые пересекутся в точке  $2$ , принадлежащей искомой изотерме. Проводим из начала координат ряд лучей  $0b$ ,  $0c$  и  $0d$ . И, повторяя указанное построение, находим точки  $3$ ,  $4$  и  $5$ , которые также будут принадлежать искомой изотерме. Проведем через эти точки плавную кривую — получим изотерму  $EF$ .

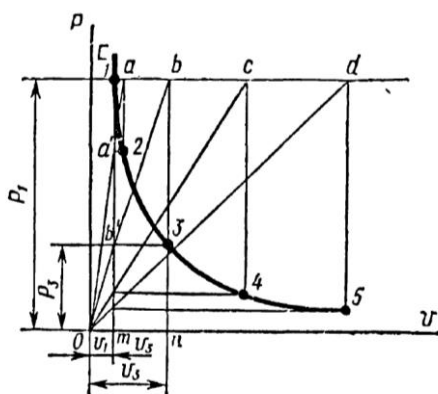


Рис. 7.5. Графический способ построения изотермы на  $p-v$ -диаграмме

**Пример 2.** Начальное состояние газа  $p_1 = 1$  МПа,  $v_1 = 0,5$  м<sup>3</sup>/кг. Построить изотерму расширения в осях  $p - v$ .

**Пример 3.** В компрессоре сжимается воздух массой  $2$  кг при  $t = 200$  °С от:  $p_1 = 0,1$  МПа до  $p_2 = 2,5$  МПа. Найти массу воды, необходимую для охлаждения сжимаемого воздуха, если начальная  $t_1 = 15$  °С, а конечная  $t_2 = 50$  °С, удельная теплоёмкость воды  $c_w = 4,19$  кДж/(кг К).

**Решение.**

$$1. \text{ Найдём работу сжатия } L_{1,2} = m l_{1,2} = 2,3 m R_0 T \lg(p_1 / p_2).$$

Для воздуха  $R_0 = 287,1$  Дж/(кг К) / табл. / , тогда  $L_{1,2} = - 873,3$  кДж.

$$2. \text{ Т.к. } Q_{1,2} = L_{1,2} \text{ то } Q_{1,2} = - 873,3 \text{ кДж}$$

В результате работы сжатия внутренняя энергия сжимаемого воздуха будет увеличена на 873,3 кДж и для сохранения постоянной температуры столько же теплоты нужно отвести от воздуха, охлаждая его водой. Искомое количество воды найдём, пользуясь уравнением  $Q_{1,2} = m_B c_B (t_2 - t_1)$ .

Откуда  $m_B = Q_{1,2} / c_B (t_2 - t_1) = 5,95$  кг.

**Задача.** При изотермическом сжатии азота массой 2,1 кг, взятого при 60 °С и 0,1 МПа, отводится 340 кДж теплоты. Найти конечные давление и объём.

**Контрольные вопросы:**

1. В чём особенность изотермического процесса?
2. Какой вид имеет уравнение 1 начала ТД для изотермического процесса?

**Требования к отчёту по практической работе:**

Выполненная работа представляется преподавателю тетради для выполнения практических работ.

**Критерии оценивания:**

- «2» - нет ответа на вопрос и неправильное решение задачи;
- «3» - нет ответа на вопрос, правильное решение задачи;
- «4» - не полный ответ на вопрос, правильное решение задачи
- «5» - полный ответ и правильное решение задачи.

Вариант 4. Тема: Исследование адиабатного и политропного процессов

**Цель практического занятия:**

- Систематизация теоретического материала;
- Развитие навыков самостоятельной деятельности;
- Формирование компетенций/компетентностей в соответствии с требованиями ФГОС СПО/ МК ПДНВ (код). (ОК 1 - ОК 2, ОК 4 - ОК 7).

Требования к результатам освоения учебной дисциплины в соответствии с ФГОС СПО:

Обучающийся должен **уметь:**

- выполнять термодинамический расчет теплоэнергетических устройств и двигателей.

**знать:**

- общие законы статики и динамики жидкостей и газов, законы термодинамики, основные понятия теории теплообмена

**Время выполнения:** 2 академических часа

**Содержание работы:**

Адиабатный процесс - изменение состояния рабочего тела без подвода и отвода теплоты. Адиабата- гипербола с более крутым падением (чем изотерма).

Уравнение адиабаты  $pv^k = \text{const}$ ,  $k$ - показатель адиабаты  $k = c_p/c_v$ . Положительная работа изменения объёма совершается за счёт уменьшения внутренней энергии рабочего тела, а отрицательная работа (работа сжатия) увеличивает его внутреннюю энергию. Политропными называются процессы, подчиняющиеся уравнению  $pv^n = \text{const}$ ,  $n$  – показатель политропы. Все предыдущие процессы являются частными случаями политропных процессов. Основные формулы для ТД процессов сведены в таблицы.

### Ход работы:

**Пример 1.** Воздух массой 2 кг при  $p_1 = 1$  МПа и  $t_1 = 300$  °С расширяется по адиабате так, что объём газа увеличивается в 5 раз. Найти конечные объём, давление, температуру, работу изменения объёма и изменение внутренней энергии.

#### Решение.

1.1. Найдём начальный объём  $V_1 = m R_0 T_1 / p_1$ .

Найдём из таблицы  $R_0 = 287,1$  Дж/( кг К ), отсюда  $V_1 = 0,33$  м<sup>3</sup>.

1.2. По условию  $V_2 = 5 V_1$ , поэтому  $V_2 = 1,65$  м<sup>3</sup>. 3. Находим конечное давление из  $p_1/p_2 = (V_2 / V_1)^k$  для воздуха  $k = 1,4$ , отсюда  $p_2 = 0,1$  МПа.

1.3. Конечная температура  $T_2 = p_2 V_2 / m R_0 = 287$  К (14 °С).

1.4. Работа изменения объёма будет равна  $L_{1,2} = m R_0 (t_1 - t_2) / (k - 1) = 411$  кДж.

1.5. Изменение внутренней энергии = работе изменения объёма, поэтому  $U_2 - U_1 = - 411$  кДж.

**Пример 2.** Воздух при н.у,  $p_1 = 0,5$  МПа и  $t_1 = 40$  °С адиабатно расширяется до  $p_2 = 0,15$  МПа. Во сколько раз должен увеличиться его объём и какова будет конечная температура?

**Пример 3.** Воздух при н.у.  $p_1 = 0,1$  МПа и  $t_1 = 15$  °С адиабатно сжимается до  $p_2 = 0,8$  МПа. Найти конечные уд. объём,  $t_2$ , уд. работу изменения давления  $w_{1,2}$ .

**Пример 4.** Воздух при н.у.  $V_1 = 8$  м<sup>3</sup>,  $t_1 = 20$  °С сжимается по политропе показателем  $n = 1,2$  от  $p_1 = 0,09$  МПа до  $p_2 = 0,81$  МПа. Найти конечные температуру, объём воздуха и работу изменения объёма.

#### Решение.

1.1. Находим конечную температуру:  $T_2 = T_1 (p_2 / p_1)^{(n-1)/n} = 423$  К.

1.2. Определяем конечный объём:  $V_2 = (V_1 p_1 / p_2) (T_2 / T_1) = 1,28$  м<sup>3</sup>.

1.3. Находим работу изменения объёма:  $L_{1,2} = (p_1 V_1 - p_2 V_2) / (n - 1) = - 1,58$  МДж

**Пример 5.** Газ ( $V_1 = 6$  м<sup>3</sup>) сжимается политропно от  $p_1 = 1$  МПа до  $p_2 = 4$  МПа с уменьшением объёма до 2 м<sup>3</sup>. Найти показатель политропы и работу изменения объёма.

**Пример 6.** Воздух расширяется политропно с показателем  $n = 1,45$ . Будет ли при этом повышаться температура воздуха?

**Пример 7.** Газ сжимается политропно с показателем  $n$  Как будет изменяться внутренняя энергия газа?

**Контрольные вопросы**

1. Какие процессы называются адиабатными?
2. Какие процессы являются частным случаем политропных процессов?
3. Чем отличаются адиабатные и политропные процессы?

**Требования к отчёту по практической работе:**

Выполненная работа представляется преподавателю в тетради для выполнения практических работ.

**Критерии оценивания:**

- «2» - нет ответа на вопрос и неправильное решение задачи;
- «3» - нет ответа на вопрос, правильное решение задачи;
- «4» - не полный ответ на вопрос, правильное решение задачи
- «5» - полный ответ и правильное решение задачи.

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 5

### Тема: Второй закон термодинамики

#### Цель практического занятия:

- Закрепление теоретического материала;
- Развитие навыков самостоятельной деятельности;
- Формирование компетенций/компетентностей в соответствии с требованиями ФГОС СПО/ МК ПДНВ (код). (ОК 1 - ОК 2, ОК 4 - ОК 6).
- Требования к результатам освоения учебной дисциплины в соответствии с ФГОС СПО:

#### Обучающийся должен уметь:

- выполнять термодинамический расчет теплоэнергетических устройств и двигателей.

#### знать:

- общие законы статики и динамики жидкостей и газов, законы термодинамики, основные понятия теории теплообмена

**Время выполнения:** 2 академических часа

#### Содержание работы:

Второе начало термодинамики утверждает невозможность полного превращения теплоты в работу и устанавливает при этом пределы этого превращения.

Для непрерывной работы тепловых двигателей кроме процесса расширения необходим процесс сжатия, которым рабочее тело возвращалось бы в первоначальное состояние, т. е. совершило бы круговой процесс, или цикл. Чем большая доля теплоты, полученной в прямом цикле, переведена в работу, тем цикл с точки зрения использования подведенной теплоты выгоднее. Экономичность прямого цикла оценивается термическим КПД теплового двигателя. Термический КПД  $\eta_t$  является отношением полученной работы в цикле к затраченному количеству теплоты:

$$\eta_t = L_0 / Q_1$$

$$\eta_t = 1 - Q_2 / Q_1$$

#### Ход работы:

**Пример 1.** При совершении некоторого обратимого цикла в тепловом двигателе к рабочему телу подводится теплота в количестве 420 МДж. При этом двигатель совершает работу 196 МДж. Чему равен термический КПД цикла?

Решение:

$$\eta_t = L_0 / Q_1 = 196 * 10^6 / (420 * 10^6) = 0,468 \text{ (или } 46,8 \text{ \%)}.$$

Задачи:

1. К газу в круговом процессе подводится теплота в количестве 250кДж. Термический КПД цикла равен 0,46. Рассчитайте полученную при этом работу изменения объема.
2. В результате совершения кругового процесса тепловой двигатель совершает работу, равную 60 кДж, а теплоприёмнику отдает теплоту в количестве 42 кДж. Найдите термический КПД этого кругового процесса.

### **Контрольные вопросы**

1. В чём сущность второго начала термодинамики?
2. Что характеризует термический к.п.д. прямого цикла?

### **Требования к отчёту по практической работе:**

Выполненная работа представляется преподавателю тетради для выполнения практических работ.

### **Критерии оценивания:**

- «2» - нет ответа на вопрос и неправильное решение задачи;
- «3» - нет ответа на вопрос, правильное решение задачи;
- «4» - не полный ответ на вопрос, правильное решение задачи
- «5» - полный ответ и правильное решение задачи.



## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 6

### Тема: Исследование цикла Карно теплового двигателя

#### Цель практического занятия:

- Обобщение теоретического материала;
- Развитие навыков самостоятельной деятельности;
- Формирование компетенций/компетентностей в соответствии с требованиями ФГОС СПО/ МК ПДНВ (код). (ОК 1 - ОК 2, ОК 4 - ОК 6).

Требования к результатам освоения учебной дисциплины в соответствии с ФГОС СПО:

#### Обучающийся должен уметь:

- выполнять термодинамический расчет теплоэнергетических устройств и двигателей.

#### знать:

- общие законы статики и динамики жидкостей и газов, законы термодинамики, основные понятия теории теплообмена

**Время выполнения:** 2 академических часа

#### Содержание работы:

Все реальные процессы - необратимы, а следовательно, неравновесны. Для упрощения исследования реальных циклов (графического их изображения) необходимо, чтобы они были равновесными, т.е. состояли из обратимых процессов. Цикл Карно теплового двигателя - обратимый круговой процесс, совершаемый между 2-мя источниками теплоты с постоянными температурами (теплоотдатчика; теплоприёмника) и рабочим телом - идеальным газом. Весь цикл Карно теплового двигателя состоит из 2-х изотерм (1-2 и 3-4) и 2-х адиабат (2-3 и 4-1). Для определения термического к.п.д. этого цикла используется уравнение  $\eta_t = 1 - T_2 / T_1$ .

#### Ход работы:

**Пример 1.** Определите к.п.д. обратимого цикла теплового двигателя, если температура теплоотдатчика  $t = 200$  °С, а теплоприёмника  $t = 30$  °С.

Решение :  $\eta_t = 1 - T_2 / T_1 = 0,36$

**Пример 2.** Температура океанской воды в тропиках на глубине 1 км равна 4 °С, а на поверхности 24 °С. Найдите термический к.п.д. теплового двигателя, если бы он работал по циклу Карно в этих условиях.

**Пример 3.** На Крайнем Севере под слоем вечного льда морская вода имеет температуру 3 °С, а температура наружного воздуха — 22 °С. Найдите термический к.п.д. теплового двигателя, если бы он работал по циклу Карно в таком интервале температур.

**Пример 4.** Исследуйте цикл Карно, совершаемый воздухом, если параметры точки 1 следующие:  $p_1 = 2$  МПа и  $T_1 = 600$  К, а параметры точки 3 :  $p_3 = 120$  кПа и  $T_3 = 300$  К.

Решение.

1. Параметры рабочего тела в характерных точках цикла:

1.1 Определим по уравнению состояния удельный объём воздуха для т. 1:

$$v_1 = R_0 T_1 / p_1 = 287,1 * 600 / 2 * 10^6 = 0,086 \text{ м}^3 / \text{кг}.$$

1.2. Для т.3 (адиабата 2-3) удельный объём найдём аналогично:

$$v_3 = R_0 T_3 / p_3 = 0,718 \text{ м}^3 / \text{кг}.$$

1.3. Для т.2 уд. объём найдём из уравнения адиабаты:

$$v_2 = v_3 (T_3 / T_2)^{1/(k-1)} = 0,127 \text{ м}^3 / \text{кг}.$$

1.4. По уравнению изотермы 1-2 находим давление в т.2 :

$$p_2 = p_1 (v_1 / v_2) = 1,35 \text{ МПа}.$$

1.5. Для т.4 определим удельный объём:

$$v_4 = v_3 (v_1 / v_2) = 0,486 \text{ м}^3 / \text{кг}.$$

Давление в этой точке:  $p_4 = R_0 T_4 / v_4 = 177$  кПа.

2. Определим удельную работу цикла, предварительно найдя значения удельных работ изменения объёма на отдельных участках цикла:

а) по изотерме расширения 1-2  $|l_{1,2}| = 2,3 R_0 T_1 \lg (v_2 / v_1) = 67,4$  кДж/кг;

б) по адиабате расширения 2-3  $|l_{2,3}| = (R_0 / (k - 1)) (T_2 - T_3) = 215$  кДж/кг;

в) по изотерме сжатия 3-4  $|l_{3,4}| = 2,3 R_0 T_3 \lg (v_3 / v_4) = 33,7$  кДж / кг;

г) по адиабате сжатия 4-1  $|l_{4,1}| = (R_0 / (k - 1)) (T_1 - T_4) = 215$  кДж / кг.

Удельная работа цикла:  $|l_0| = |l_{1,2}| + |l_{2,3}| - |l_{3,4}| - |l_{4,1}| = 33,7$  кДж/кг.

3. Термический к.п.д. цикла Карно  $\eta = 1 - T_3 / T_1 = 0,5$ .

**Пример 5.** Воздух совершает прямой цикл Карно. Исследуйте цикл, если известно, что  $p_1 = 1$  МПа,  $t_1 = 227^\circ\text{C}$ ,  $p_3 = 0,1$  МПа,  $v_2 = 0,178$  м<sup>3</sup> / кг.

### Контрольные вопросы

1. Какие циклы называются прямыми и какие обратными?
2. Из каких термодинамических процессов состоит цикл Карно теплового двигателя?

### Требования к отчёту по практической работе:

Выполненная работа представляется преподавателю в тетради для выполнения практических работ.

### Критерии оценивания:

- «2» - нет ответа на вопрос и неправильное решение задачи;
- «3» - нет ответа на вопрос, правильное решение задачи;
- «4» - не полный ответ на вопрос, правильное решение задачи
- «5» - полный ответ и правильное решение задачи.

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 7

### Тема: Исследование процессов идеальных поршневых компрессоров

#### Цель практического занятия:

- Углубление теоретического материала;
- Развитие навыков самостоятельной деятельности;
- Формирование компетенций/компетентностей в соответствии с требованиями ФГОС СПО/ МК ПДНВ (код). (ОК 1 - ОК 2, ОК 4 - ОК 6).
- Требования к результатам освоения учебной дисциплины в соответствии с ФГОС СПО:

#### Обучающийся должен уметь:

- выполнять термодинамический расчет теплоэнергетических устройств и двигателей.

#### знать:

- общие законы статики и динамики жидкостей и газов, законы термодинамики, основные понятия теории теплообмена

**Время выполнения:** 2 академических часа

#### Содержание работы:

При исследовании работы компрессоров, пользуются  $pV$ -диаграммой, где по оси ординат откладывают значения давлений, как и в  $pV$ -диаграмме, а по оси абсцисс – значения объемов рабочего тела. Отождествлять эти две диаграммы нельзя.

В  $pV$ -диаграмме изображаются термодинамические процессы, в которых могут изменяться все три параметра  $p$ ,  $v$ ,  $T$  или даже какой-нибудь один из них, но масса рабочего тела в течении всего процесса остается неизменной.

Рассмотрите процесс идеального одноступенчатого компрессора на  $pV$ -диаграмме.

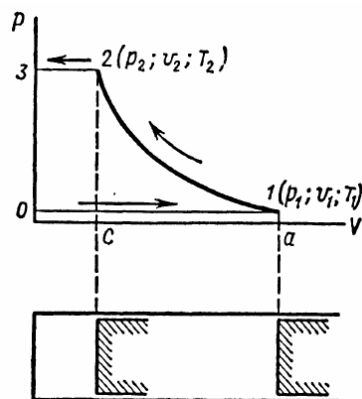


Рис. 9.5. Индикаторная диаграмма идеального одноступенчатого компрессора

В  $pV$ -диаграмме кроме процессов сжатия и расширения изображаются также и линии процессов впуска и выпуска; параметры  $p$ ,  $v$  и  $T$  могут оставаться постоянными, а масса рабочего тела изменяется (при впуске увеличивается, а при выпуске уменьшается). Следовательно, линии впуска и выпуска являются линиями не термодинамических, а механических процессов.

$pV$ -диаграмма может сниматься с работающего поршневого теплового двигателя с помощью специального прибора, называемого индикатором, поэтому такие диаграммы называются индикаторными.

Формулы для определения теоретической мощности компрессора:

Над =  $p_1 V_t [(p_2 / p_1)^{(k-1)/k} - 1] * (k / (k-1))$  — для адиабатного сжатия

Нпол =  $p_1 V_t [(p_2 / p_1)^{(n-1)/n} - 1] * (n / (n-1))$  — для политропного сжатия

Низ =  $2,3 p_1 V_t \lg(p_2 / p_1)$  — для изотермического сжатия

$V_t$  - объемная подача:

$$V_t = V_1 z n$$

$V_1$  — объем газа, поступающего в одну рабочую полость компрессора за один ход поршня

$z$  — число рабочих полостей компрессора

$n$  – частота вращения коленчатого вала компрессора

при политропном сжатии

$$T_2 = T_1 (p_2 / p_1)^{(n-1)/n} = T_1 \lambda^{(n-1)/n}$$

при адиабатном сжатии

$$T_2 = T_1 (p_2 / p_1)^{(k-1)/k} = T_1 \lambda^{(k-1)/k}$$

### Ход работы:

**Пример 1.** Найдите максимально допустимое давление сжатия в идеальном одноступенчатом воздушном компрессоре  $p_2$ , если температура самовоспламенения смазочного масла  $t_m$  —  $270^\circ \text{C}$ , температура наружного воздуха, поступающего в компрессор,  $t_b = 27^\circ \text{C}$  (начальное давление воздуха  $p_1 = 0,1 \text{ МПа}$ ), сжатие происходит по адиабате ( $k = 1,4$ ).

**Р е ш е н и е .** Максимально допустимую температуру воздуха в конце сжатия принимаем равной температуре самовоспламенения масла:  $T_2 = (t_m + 273) \text{ К} = (270+273) \text{ К} = 543 \text{ К}$ .

Температуру воздуха в начале сжатия примем равной температуре наружного воздуха  $T_b = 300 \text{ К}$ , а давление  $p_1 = 0,1 \text{ МПа}$ . Максимально допустимое конечное давление воздуха  $p_2 = p_1 (T_2 / T_1)^{k/(k-1)} = 0,1 * 10^6 (543/300)^{1,4/(1,4-1)} \text{ МПа} = 0,798 \text{ МПа}$ .

Из этого примера следует, что для бескомпрессорных дизелей, требующих применения пускового воздуха давлением порядка  $3 \text{ МПа}$ , одноступенчатый пусковой компрессор непригоден.

Задачи:

**1.** Компрессор, имеющий подачу  $100 \text{ куб.м/ч}$ , подает охлажденный до начальной температуры сжатый воздух давлением  $0,5 \text{ МПа}$ . Наружное давление  $0,1 \text{ МПа}$  при температуре  $27^\circ \text{C}$ . Найдите подводимую теоретическую мощность при: а) изотермическом сжатии; б) политропном сжатии ( $n=1,25$ ); в) адиабатном сжатии ( $k=1,4$ ).

**2.** Компрессор всасывает воздух объемом  $500 \text{ м}^3/\text{ч}$ , давлением  $0,1 \text{ МПа}$  и температурой  $17^\circ \text{C}$ . В компрессоре воздух изотермически сжимается до давления  $0,9 \text{ МПа}$ . Определите объем цилиндра компрессора и теоретическую подводимую к нему мощность, если частота вращения вала компрессора  $100 \text{ мин}^{-1}$ .

**3.** Воздушный компрессор всасывает воздух объемом  $500 \text{ м}^3/\text{ч}$ , давлением  $0,1 \text{ МПа}$  и температурой  $17^\circ \text{C}$ . В компрессоре воздух адиабатно сжимается до давления  $0,9 \text{ МПа}$ . Найдите конечную температуру сжатия, объем цилиндра компрессора и

теоретическую подводимую к нему мощность, если частота вращения вала компрессора  $100 \text{ мин}^{-1}$ .

4. Компрессор подает воздух массой  $500 \text{ кг/ч}$ , охлажденный до начальной температуры и сжатый до  $0,8 \text{ МПа}$ . Давление в цилиндре компрессора в начале сжатия  $93 \text{ кПа}$  при температуре  $27 \text{ }^\circ\text{C}$ . Сжатие происходит по политропе с  $n=1,3$ . В результате улучшения охлаждения стенок цилиндра компрессора показатель политропы снизился до  $1,2$ . Найдите экономию в подводимой мощности, полученную в результате улучшения охлаждения стенок цилиндра.

**Контрольные вопросы:**

1. Для чего применяется многоступенчатое сжатие?
2. Почему в реальном поршневом компрессоре поступление воздуха в цилиндр происходит не на всем протяжении хода поршня?
3. Какие допущения делаются при изучении идеального компрессора, отличающие его от реального?

**Требования к отчёту по практической работе:**

Выполненная работа представляется преподавателю в тетради для выполнения практических работ.

**Критерии оценивания:**

- «2» - нет ответа на вопрос и неправильное решение задачи;
- «3» - нет ответа на вопрос, правильное решение задачи;
- «4» - не полный ответ на вопрос, правильное решение задачи
- «5» - полный ответ и правильное решение задачи.

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 8

**Тема: Исследование термодинамического цикла ДВС со смешанным подводом теплоты**

**Цель практического занятия:**

- Углубление теоретического материала;
- Развитие навыков самостоятельной деятельности;
- Формирование компетенций/компетентностей в соответствии с требованиями ФГОС СПО/ МК ПДНВ (код). (ОК 1 - ОК 2, ОК 4 - ОК 6).

Требования к результатам освоения учебной дисциплины в соответствии с ФГОС СПО:

Обучающийся должен **уметь:**

- выполнять термодинамический расчет теплоэнергетических устройств и двигателей.

**знать:**

- общие законы статики и динамики жидкостей и газов, законы термодинамики, основные понятия теории теплообмена

**Время выполнения:** 1 академический час

**Содержание работы:**

Этому циклу соответствует работа четырёхтактного бескомпрессорного дизеля, но процессы впуска воздуха и выпуска отработавших газов (I и IV такты) являются чисто механическими (на  $pV$ - и  $Ts$ -диаграммах не показаны). Термодинамический цикл начинается при нахождении поршня в НМТ (т. а). Линия  $a-c$  - линия адиабатического процесса сжатия идеального газа, при этом повышаются давление и температура, но уменьшается уд. объём газа. Далее по изохоре  $c-z'$  и изобаре  $z'-z$  происходит подвод теплоты. Линия  $z-b$  - адиабатное расширение газа (падают давление и температура, но увеличивается уд. объём). По изохоре  $b-a$  теплота отводится.

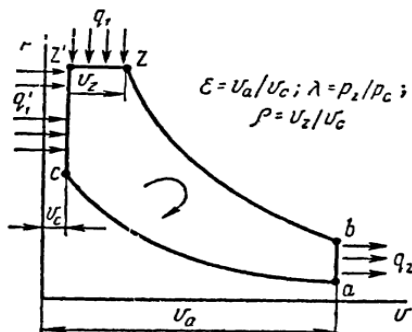


Рис. 10.2.  $pV$ -диаграмма цикла со смешанным подводом теплоты

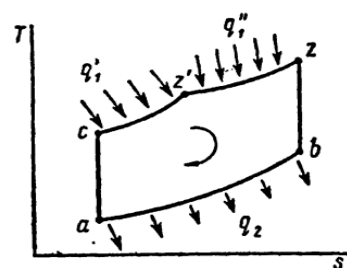


Рис. 10.3.  $Ts$ -диаграмма цикла со смешанным подводом теплоты

Этот цикл характеризуют:

**степень сжатия** в начале сжатия к уд. объёму в конце сжатия:

$$\varepsilon = V_a / V_c;$$

**степень повышения давления** - отношение давления в конце подвода

теплоты к давлению в начале подвода теплоты:

$$\lambda = P_z / P_c$$

**степень предварительного расширения** - отношение уд. объёма газа в конце подвода теплоты к уд. объёму в начале подвода теплоты:

$$\rho = V_z / V_c$$

### Ход работы:

**Пример 1.** Исследуйте термодинамический цикл со смешанным подводом теплоты по следующим данным:  $p_a = 0,1$  МПа;  $t_a = 27$  °С;  $c_v = 0,72$  кДж/(кг К);  $|q_1'| + |q_1''| = 1340$  кДж / кг;  $k = 1,4$ ;  $p_z = 5,5$  МПа и  $\varepsilon = 15$ . Рабочее тело - воздух (ид. газ) массой 1 кг.

**Решение. 1.** Находим параметры в характерных точках цикла:

в точке «а» - начале сжатия  $v_a = R_0 T_a / p_a = 0,861$  м<sup>3</sup>/кг;

в точке «с» - конце сжатия  $v_c = v_a / \varepsilon = 0,0573$  м<sup>3</sup>/кг;

$$p_c = p_a (v_a / v_c) \text{ или } p_c = p_a \varepsilon^k = 4,43 \text{ МПа}$$

в точке «в»  $T_c = p_c v_c / R_0 = 883$  К или  $t_c = 610$  °С;

в точке «z'» - конце подвода теплоты при постоянном объёме:  $\lambda = p_z / p_c = 1,242$ ,

$$\text{тогда } T_{z'} = T_c \lambda = 1097 \text{ К} = 824 \text{ °С};$$

$$V_{z'} = V_c = 0,0573 \text{ м}^3/\text{кг};$$

в точке «z» - конце подвода теплоты при постоянном давлении - предварительно найдём количество подведённой при этом теплоты

$|q_1'| = c_v (T_{z'} - T_c) = 154$  кДж/кг, поэтому  $|q_1''| = 1340 - 154 = 1186$  кДж/кг. Температуру в т. z

$$T_z = |q_1''| / c_p + T_{z'}, \text{ где } c_p = k c_v = 1,01 \text{ кДж}/(\text{кг К}), \text{ тогда } T_z = 2274 \text{ К или } t_z = 2001 \text{ °С}.$$

Находим уд. объём в этой точке, предварительно определив степень предварительного расширения:  $\rho = T_z / T_{z'} = 2,07$ , отсюда  $V_z = \rho V_c = 0,118$  м<sup>3</sup>/кг;

в точке «b» - конце адиабатического расширения - уд. объём = уд. объёму в т. «а» = 0,861 м<sup>3</sup>/кг;

$$\text{температура } T_b = T_a p^k \lambda = 1034 \text{ К или } t_b = 761 \text{ °С}.$$

$$\text{Давление } P_b = R_0 T_b / V_b = 0,345 \text{ МПа}.$$

Определим термический к.п.д. цикла  $\eta_t = (1 - 1/\varepsilon^{k-1}) * [(\lambda p^k - 1) / (\lambda - 1 + k \lambda(p-1))] = 0,605$  (60,5 %).

Проверка.

Уд. работа цикла:  $|l_0| = |l_{z'-z}| + |l_{z-b}| - |l_{a-c}|$  ;

$$|l_{z'-z}| = R_0 (T_z - T_{z'}) = 287,1 (2274 - 1097) = 337,9 \text{ кДж/кг} ;$$

$$|l_{z-b}| = R_0 (T_z - T_b) / (k-1) = 287,1 (2274 - 1034) / (1,4 - 1) = 890 \text{ кДж/кг};$$

$$|l_{a-c}| = R_0 (T_c - T_a) / (k-1) = 287,1 (883 - 300) / (1,4 - 1) = 418 \text{ кДж/кг}.$$

Тогда  $|l_0| = 337,9 + 890 - 418 = 809 \text{ кДж/кг}.$

термический к.п.д. цикла

$$\eta_t = |l_0| / |q_1| = |l_0| / (|q_1'| + |q_1''|) = 0,604 (60,4 \%) .$$

**Пример 2.** Найдите параметры в характерных точках цикла со смешанным подводом теплоты и термический к.п.д., если известно, что рабочее тело – воздух;  $p_a = 0,1 \text{ МПа}$ ;  $T_a = 288 \text{ К}$ ;  $|q_1| = 840 \text{ кДж/кг}$ ;  $\lambda = 1,8$ ; теплоёмкость  $c_v = 0,840 \text{ кДж/(кгК)}$ ;  $\varepsilon = 15$ .

#### Контрольные вопросы:

1. Почему термодинамические циклы двс называются идеальными?
2. Как доказать, что с увеличением степени сжатия в двс повышается температура в конце сжатия?
3. Как изменяется температура  $T_z$  при увеличении степени предварительного расширения?

#### Требования к отчёту по практической работе:

Выполненная работа представляется преподавателю в тетради для выполнения практических работ.

#### Критерии оценивания:

- «2» - нет ответа на вопрос и неправильное решение задачи;
- «3» - нет ответа на вопрос, правильное решение задачи;
- «4» - не полный ответ на вопрос, правильное решение задачи
- «5» - полный ответ и правильное решение задачи.



## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 9

**Тема: Топливо и его горение.**

### **Цель практического занятия:**

- Углубление теоретического материала;
- Развитие навыков самостоятельной деятельности;
- Формирование компетенций/компетентностей в соответствии с требованиями ФГОС СПО/ МК ПДНВ (код). (ОК 1 - ОК 2, ОК 4 - ОК 6).

Требования к результатам освоения учебной дисциплины в соответствии с ФГОС СПО:

Обучающийся должен **уметь:**

- выполнять термодинамический расчет теплоэнергетических устройств и двигателей.

**знать:**

- общие законы статики и динамики жидкостей и газов, законы термодинамики, основные понятия теории теплообмена

**Время выполнения:** 1 академический час

### **Содержание работы:**

Судовые дизели работают на жидком топливе, которое характеризуется такими свойствами, как плотность, теплота сгорания, вязкость, температуры вспышки, самовоспламенения и кристаллизации.

### **Ход работы:**

**Пример 1.** Запишите основные химические элементы, входящие в состав топлива, укажите их процентное соотношение.

**Пример 2.** Запишите основные физико-химические показатели, которыми характеризуется жидкое топливо. Дайте определения и укажите единицы измерения.

### **Контрольные вопросы:**

1. Какие химические элементы, входящие в состав топлива, оказывают вредное воздействие на детали дизеля?
2. Какие марки топлив применяют для дизелей?

### **Требования к отчёту по практической работе:**

Выполненная работа представляется преподавателю в тетради для выполнения практических работ.

### **Критерии оценивания:**

- «2» - нет ответа на вопрос и неправильное решение задачи;
- «3» - нет ответа на вопрос, правильное решение задачи;

«4» - не полный ответ на вопрос, правильное решение задачи

«5» - полный ответ и правильное решение задачи.

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 10

### Тема: Исследование термодинамических процессов водяных паров

#### Цель практического занятия:

- Закрепление теоретического материала;
- Развитие навыков самостоятельной деятельности;
- Формирование компетенций/компетентностей в соответствии с требованиями ФГОС СПО/ МК ПДНВ (код). (ОК 1 - ОК 2, ОК 4 - ОК 7).

Требования к результатам освоения учебной дисциплины в соответствии с ФГОС СПО:

#### Обучающийся должен уметь:

- выполнять термодинамический расчет теплоэнергетических устройств и двигателей.

#### знать:

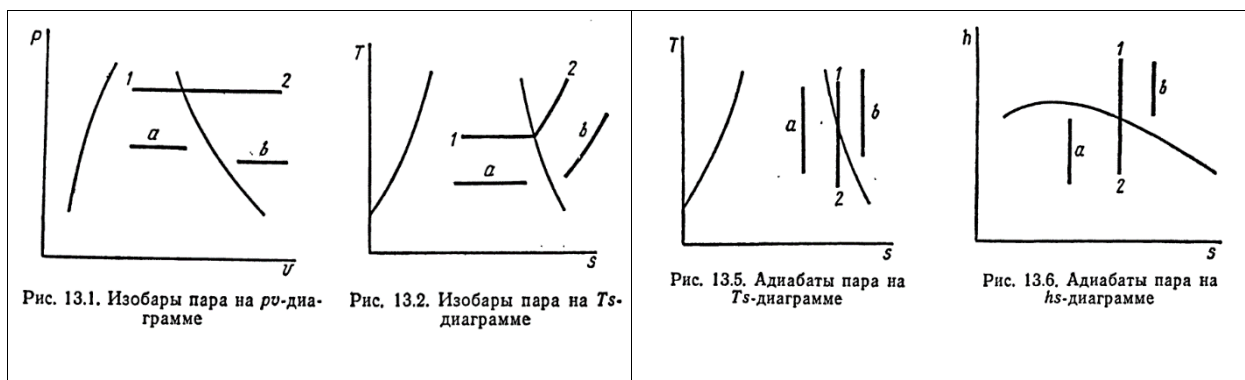
- общие законы статики и динамики жидкостей и газов, законы термодинамики, основные понятия теории теплообмена

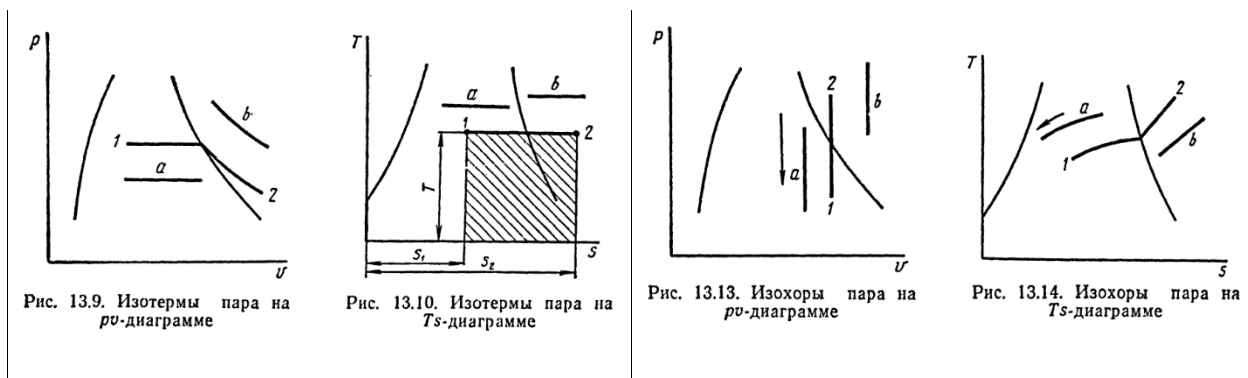
**Время выполнения: 1 академический час**

#### Содержание работы:

При расчетах, связанных с термодинамическими процессами, совершаемыми парами, ставятся в общем те же задачи что и в расчетах, связанные с процессами, совершаемыми газами, т.е. определяются начальные и конечные параметры пара, изменение его внутренней энергии и энтальпии, количество подведенной и отведенной теплоты и работы изменения объема и изменения давления

В термодинамике паров рассматриваются четыре основных процесса: изохорный ( $v=\text{const}$ ), изобарный ( $p=\text{const}$ ), изотермический ( $T=\text{const}$ ) и адиабатный.





Для изобарного процесса:  $q_{1,2} = h_2 - h_1$

для адиабатного процесса:  $q_{1,2} = 0$

для изотермического процесса:  $q_{1,2} = T (s_2 - s_1)$

для изохорного процесса:  $q_{1,2} = u_2 - u_1$

### Ход работы:

**Пример 1.** Водяной пар массой 20 кг расширяется при постоянном давлении 3,0 МПа от начального удельного объема  $v_1 = 0,06 \text{ м}^3/\text{кг}$  до конечного  $v_2 = 0,09 \text{ м}^3/\text{кг}$ . Найдите начальные и конечные параметры пара, количество сообщенной теплоты и работу изменений объема.

**Решение с использованием  $h_s$  — диаграммы для водяного пара.**

1. Находим на диаграмме точку пересечения 1 изобары  $p=3\text{МПа}$  и изохоры  $v_1 = 0,06 \text{ м}^3/\text{кг}$ . Для найденной точки 1 находим искомые параметры: паросодержание  $\chi_1 = 0,9$  (точка лежит в области влажного насыщенного пара), начальная удельная энтальпия  $h_1 = 2625 \text{ кДж/кг}$ , начальная удельная энтропия  $s_1 = 5,83 \text{ кДж/(кг К)}$ .

2. Находим на диаграмме точку пересечения 2 заданной изобары и изохоры  $v_2 = 0,09 \text{ м}^3/\text{кг}$ . Для найденной точки 2 находим конечные искомые параметры:  $t_2 = 0350 \text{ }^\circ\text{C}$  (точка лежит в области перегретого пара),  $h_2 = 3120 \text{ кДж/кг}$ ,  $s_2 = 6,75 \text{ кДж/(кг К)}$ .

3. Подсчитываем количество подведенной теплоты:

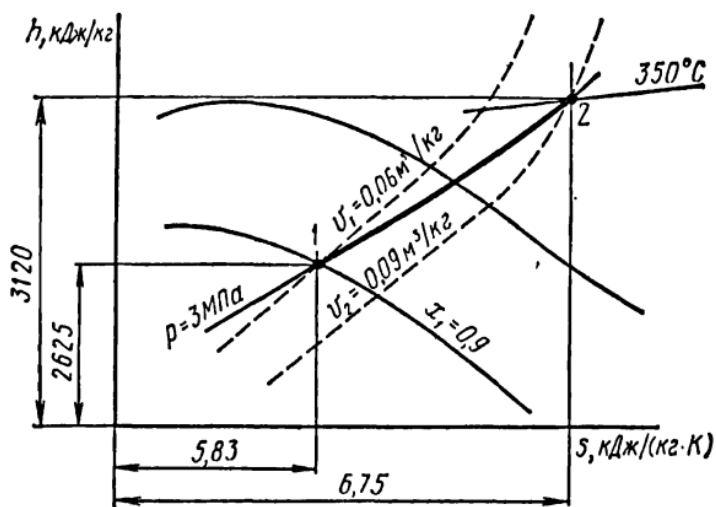
$$Q_{1,2} = m (h_2 - h_1) = 9,9 \text{ МДж}$$

5. Вычисляем начальную удельную внутреннюю энергию пара:

$$u_1 = h_1 - p v_1 = 2,445 \text{ МДж/кг}$$

6. Вычисляем конечную внутреннюю энергию пара:

$$u_2 = h_2 - p v_2 = 2,850 \text{ МДж/кг}$$



7. Определяем работу изменения объема, совершаемую паром при расширении:

$$L_{1,2} = m l_{1,2} = m p (v_2 - v_1) = 1,8 \text{ МДж}$$

Решение с использованием таблиц параметров водяного пара.

1. По таблице находим, что при давлении  $p = 3 \text{ МПа}$  удельный объем сухого насыщенного пара  $v'' = 0,06665 \text{ м}^3/\text{кг}$ . В связи с тем, что  $v_1 = 0,06 \text{ м}^3/\text{кг}$ , т. е. меньше  $v''$  при том же давлении, что в начале процесса, пар — влажный насыщенный.

2. Подсчитаем начальное паросодержание:

$$v_1 = v_1' + \chi_1 (v''_1 - v_1')$$

$$\chi_1 = (v_1 - v_1') / (v''_1 - v_1')$$

По таблице находим  $v_1' = 0,0012163 \text{ м}^3/\text{кг}$ , тогда  $\chi_1 = 0,9$ .

3. Устанавливаем, что в конечном состоянии пар перегретый, т. к. его удельный объем ( $v_2 = 0,09 \text{ м}^3/\text{кг}$ ) больше удельного объема сухого насыщенного пара ( $v'' = 0,06665 \text{ м}^3/\text{кг}$ ).

4. По таблице находим, что давлению  $p_2 = 3 \text{ МПа}$  и удельному объему  $v_2 = 0,09 \text{ м}^3/\text{кг}$  соответствует температура перегретого пара  $t_2 = 350 \text{ }^\circ\text{C}$ .

5. Подсчитаем начальную удельную энтальпию пара

$$h_1 = h' + \chi r$$

По таблицам для  $p_2 = 3 \text{ МПа}$  найдем, что  $h' = 1008,3 \text{ кДж/кг}$ ,  $r = 1796 \text{ кДж/кг}$ , тогда

$$h_1 = 2,625 \text{ МДж/кг}$$

6. Подсчитаем начальную удельную энтропию параметра  $s_1 = s' + \chi (s'' - s')$

По таблицам для  $p_2 = 3 \text{ МПа}$  найдем, что

$s' = 2,646 \text{ кДж/ (кг К)}$  — начальная удельная энтропия воды при температуре кипения;

$s'' = 6,186 \text{ кДж/ (кг К)}$  - начальная удельная энтропия сухого насыщенного пара.

$$S_1 = 5,832 \text{ кДж/ (кг К)}$$

7. Начальная удельная внутренняя энергия

$$u_1 = h_1 - p v_1 = 2,445 \text{ МДж/кг}$$

8. Интерполируя, определяем по таблицам конечные параметры пара при  $p_2 = 3 \text{ МПа}$  и  $t_2 = 350 \text{ }^\circ\text{C}$ :

$$h_2 = 3111 \text{ кДж/кг}$$

$$s_2 = 6,735 \text{ кДж/ (кг К)}$$

9. Вычисляем конечную удельную внутреннюю энергию:

$$u_2 = h_2 - p v_2 = 2,841 \text{ МДж/кг}$$

10. Подсчитаем количество подведенной теплоты и работу, совершенную паром

$$Q_{1,2} = m (h_2 - h_1) = 9,726 \text{ МДж}$$

$$L_{1,2} = m p (v_2 - v_1) = 1,8 \text{ МДж}$$

Задачи:

1. Сухой насыщенный пар адиабатно расширяется от давления 1 МПа до давления 50 кПа. Найдите конечное состояние пара и совершенную им удельную работу изменения объема.

Ответ:  $x_2 = 0,846$ ;  $l_{1,2} = 432$  кДж/кг.

2. Пар давлением 50 кПа и паросодержанием 70% адиабатно сжимается.

Определите, при каком давлении этот пар превратится в сухой насыщенный.

Ответ: при давлении 9 МПа.

#### **Контрольные вопросы:**

1. Какие из величин, встречающиеся при решении задач на процессы паров, можно найти непосредственно на диаграмме и какие следует вычислять по формулам?
2. Как определить состояние пара по таблицам, если известны его давление и температура, температура и удельный объем, давление и удельный объем?
3. Как доказать, что при изотермическом сжатии влажного пара его внутренняя энергия уменьшается?
4. Чем принципиально отличается показатель адиабаты паров от показателя адиабаты газов?

#### **Требования к отчёту по практической работе:**

Выполненная работа представляется преподавателю в тетради для выполнения практических работ.

#### **Критерии оценивания:**

- «2» - нет ответа на вопрос и неправильное решение задачи;
- «3» - нет ответа на вопрос, правильное решение задачи;
- «4» - не полный ответ на вопрос, правильное решение задачи
- «5» - полный ответ и правильное решение задачи.

**ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 11****Тема: Применение в технике уравнения Бернулли.****Цель практического занятия:**

- Углубление теоретического материала;
- Развитие навыков самостоятельной деятельности;
- Формирование компетенций/компетентностей в соответствии с требованиями ФГОС СПО/ МК ПДНВ (код). (ОК 1 - ОК 2, ОК 4 - ОК 6).

Требования к результатам освоения учебной дисциплины в соответствии с ФГОС СПО:

**Обучающийся должен уметь:**

- выполнять термодинамический расчет теплоэнергетических устройств и двигателей.

**знать:**

- общие законы статики и динамики жидкостей и газов, законы термодинамики, основные понятия теории теплообмена

**Время выполнения:** 1 академический час.**Содержание работы:**

Закон Бернулли устанавливает зависимость между скоростью стационарного потока жидкости и ее давлением.

Из закона Бернулли следует, что при уменьшении сечения потока, из-за возрастания скорости, то есть динамического давления, статическое давление падает. Это является основной причиной эффекта Магнуса. Закон Бернулли справедлив и для ламинарных потоков газа. Явление понижения давления при увеличении скорости потока лежит в основе работы различного рода расходомеров, водо- и пароструйных насосов. А последовательное применение закона Бернулли привело к появлению технической гидромеханической дисциплины — гидравлики.

Закон Бернулли справедлив в чистом виде только для жидкостей, вязкость которых равна нулю. Для описания течений реальных жидкостей в технической гидромеханике используют интеграл Бернулли с добавлением слагаемых, учитывающих потери на местных и распределенных сопротивлениях.

**Ход работы:**

**Пример 1.** В баллоне при постоянном давлении  $p_1 = 5$  МПа находится кислород, выходящий через суживающееся сопло во внешнюю среду с давлением  $p_0 = 4$  МПа. Найти скорость истечения и массовый расход кислорода, если площадь выходного сечения сопла  $S_2 = 20$  мм<sup>2</sup>. Начальные температура и скорость истечения  $t_1 = 100^\circ\text{C}$  и  $c_1 = 0$ .

Решение.

1. Определим режим истечения. Так как отношение  $p_0 / p_1 = 4/5 = 0,8 > B$ , то режим докритический. Соответствующие формулы возьмём из таблицы.

2. Найдём начальный удельный объём кислорода из уравнения состояния  $v_1 = R_0 T_1 / p_1 = 0,02$  м<sup>3</sup>/кг. ( $R_0 = 259,8$  Дж/(кг К)).

3. Скорость истечения  $c_2 = 2k / (k - 1) P_1 v_1 | 1 - (p_2 / p_1) | = 212 \text{ м/с}$

4. Массовый расход  $m_t = S_2 2k / (k - 1) (p_1 / v_1) [(p_2 / P_1)^{2/k} - (p_2 / p_1)^k] = 0,18 \text{ кг/с}$

**Пример 2.** Найти скорость истечения воздуха из суживающегося сопла и массовый расход, если  $p_1 = 2,4 \text{ МПа}$ ;  $t_1 = 20^\circ\text{C}$ ;  $P_2 = 0,1 \text{ МПа}$ . Площадь выходного сечения сопла  $10 \text{ см}^2$ .

**Пример 3.** Из сопла Лавала вытекает воздух с начальным давлением  $1,5 \text{ МПа}$  и температурой  $-27^\circ\text{C}$  в среду с давлением  $0,12 \text{ МПа}$ . Диаметр узкой части сопла  $40 \text{ мм}$ . Через сопло прошло  $400 \text{ кг}$  воздуха. Найти время истечения этого воздуха и скорость истечения в выходном сечении.

**Пример 4.** Через сопло Лавала происходит истечение воздуха в атмосферу с давлением  $0,11 \text{ МПа}$ . Во входном сечении сопла давление воздуха  $0,8 \text{ МПа}$  при температуре. Найти конечную скорость истечения воздуха, а также давление и скорость его в узком сечении сопла.

**Пример 5.** Определить изменение состояния перегретого водяного пара, давление которого дросселированием понижается до  $0,3 \text{ МПа}$ , если начальные параметры пара:  $p_1 = 2 \text{ МПа}$  и  $t_1 = 250^\circ\text{C}$ .

**Решение.**

Найдя на  $h_s$ -диаграмме в пересечении изобары  $p_1 = 2 \text{ МПа}$  и изотермы  $t_1 = 250^\circ\text{C}$  начальную точку 1 линии процесса и проведя через нее горизонтальную линию вправо, параллельно оси энтальпии, до пересечения с изобарой  $p_2 = 0,3 \text{ МПа}$ , получим конечную точку 2, которая лежит на изотерме  $220^\circ\text{C}$ .

Следовательно, температура пара в процессе дросселирования понизилась от  $t_1 = 250^\circ\text{C}$  до  $t_2 = 220^\circ\text{C}$ .

Выясним теперь, как отразилось дросселирование на степени перегрева пара. Температура кипения при давлении  $p_1 = 2 \text{ МПа}$  до  $t_{2,s} = 212^\circ\text{C}$ , поэтому в начальном состоянии степень перегрева  $\Delta t_1 = t_1 - t_{1,s} = (250 - 212)^\circ\text{C} = 38^\circ\text{C}$ .

При давлении  $p_2 = 0,3 \text{ МПа}$  температура, кипения  $t_{2,s} \sim 133,5^\circ\text{C}$ , поэтому в конце дросселирования степень перегрева  $\Delta t_2 = t_2 - t_{2,s} = (220 - 133,5)^\circ\text{C} = 86,5^\circ\text{C}$ . т.е. степень перегрева пара увеличилась на  $\Delta t_2 - \Delta t_1 = (86,5 - 38)^\circ\text{C} = 48,5^\circ\text{C}$ .

#### Контрольные вопросы:

1. Какие насадки называются соплами?
2. Какие насадки называются диффузорами?

#### Требования к отчёту по практической работе:

Выполненная работа представляется преподавателю в тетради для выполнения практических работ.

#### Критерии оценивания:

- «2» - нет ответа на вопрос и неправильное решение задачи;
- «3» - нет ответа на вопрос, правильное решение задачи;
- «4» - не полный ответ на вопрос, правильное решение задачи
- «5» - полный ответ и правильное решение задачи.



## Список Литературы

### Основные источники:

1. Белов Г.В. Техническая термодинамика : [Электронный ресурс]: учебное пособие для академического бакалавриата / Г. В. Белов. - 2-е изд., стереотип. – М.: Юрайт, 2017. – 252 с. – Режим доступа: <https://www.biblio-online.ru/viewer/D297AE1A-E07F-49BD-A92B-43B1F253A09F#page/1>
2. Кузовлев В.А. [«Техническая термодинамика и основы теплотехники», М., «Высшая школа», 1983, 335с.](#)

### Дополнительные источники:

1. Крапивин Е.Н. Курс лекций по учебной дисциплине ОП.07. Техническая термодинамика и теплопередача : [Электронный ресурс] / Е.Н. Крапивин. – Архангельск, Арктический морской институт им. В.И. Воронина, 2014. – 82 с. – Режим доступа: <http://edu.gumrf.ru/elektronnaya-biblioteka-metodicheskikh-materialov/elektronnaya-biblioteka/element/view/12831/>
2. Кудинов В.А. Техническая термодинамика и теплопередача : [Электронный ресурс]: учебник для академического бакалавриата / В.А. Кудинов, Э.М. Карташов, Е.В. Стефанюк. – М.: Юрайт, 2017. – 442 с. – Режим доступа: <https://www.biblio-online.ru/viewer/EFA5B946-B5A6-4C71-AE60-3DAFCC7163EC#page/1>

### Электронные ресурсы:

1. <http://www.rivreg.ru/assets/Uploads/pravila-t-1.pdf>

## 4.2 Задания для промежуточной аттестации

### П Е Р Е Ч Е Н Ь

вопросов для подготовки к дифференцированному зачету по учебной дисциплине  
ОП.07 ТЕХНИЧЕСКАЯ ТЕРМОДИНАМИКА И ТЕПЛОПЕРЕДАЧА для  
обучающихся по специальности 26.02.03 Судовождение

1. Уравнения Эйлера, давление и разрежение.
2. Законы Бойля-Мариотта, Гей-Люссака, Шарля.
3. Закон Авогадро, уравнение Менделеева.
4. Теплоёмкость, её виды и характеристики.
5. Уравнение первого начала термодинамики.
6. Внутренняя энергия. Закон Джоуля.
7. P v- диаграмма.
8. Работа изменения объема.
9. Работа изменения давления.
10. Энтальпия.
11. Обратимые равновесные процессы.
12. Изохорный, изобарный процессы.
13. Изотермический процесс.

14. Адиабатный и политропные процессы.
12. Формулировки 2 начала термодинамики.
13. Круговые процессы (циклы) тепловых машин.
14. Прямой и обратный циклы.
15. Цикл Карно теплового двигателя.
16. К.П.Д прямого цикла Карно.
17. Энтропия.
18. Процессы компрессорных машин.
19. Термодинамический цикл ДВС со смешанным подводом теплоты.
20. Термодинамический цикл ДВС с изохорным подводом теплоты.
21. Термодинамический цикл ГТУ с изобарным подводом теплоты.
22. Физико-технические свойства топлив для дизелей.
23. Основные параметры состояния жидкости и пара.
24. Пограничные кривые. Критическая температура.
25. Таблицы параметров влажного, сухого и перегретого пара.
26.  $T_s$  - диаграмма .
27.  $h_s$  - диаграмма.
28. Термодинамические процессы водяных паров
29. Законы динамики жидкостей и газов. Уравнение Бернулли.
30. Истечение газов и паров через суживающееся сопло.
31. Критическая скорость потока и максимальный массовый расход.
32. Истечение через сопло Лавалья.
33. Истечение через диффузоры.
34. Дросселирование.
35. Цикл Карно пароэнергетической установки.
36. Цикл Ренкина пароэнергетической установки.
37. Перенос теплоты теплопроводностью.
38. Конвективный теплообмен.
39. Теплообмен излучением.
40. Тепловой режим теплообменных аппаратов.
41. Тепловой расчет теплообменных аппаратов.